

Lapin platinaryhmän mineraalihippujen koostumus ja synty

Tapio Soukka

Pro gradu-tutkielma
Oulu Mining School
Teknillinen Tiedekunta
Oulun Yliopisto
2021



Oulun yliopisto

Kaivannaisalan tiedekunta

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ (liite FM-tutkielmaan)

Maisterintutkinnon kypsyysnäyte

Pääaine Geologia ja Mineralogia

Tekijä (Sukunimi ja etunimet) Soukka Tapio Juhani	Tutkielman sivumäärä 72+48
Työn nimi Lapin platinaryhmän mineraalihippujen koostumus ja synty.	
Asiasanat: Platinaryhmän alkuaineet, PGE, sulkeuma, Kulta, mineralogia, Lappi , Tenojoki-vyöhyke	
Tiivistelmä <p>Platinaryhmän mineraalihippuja (platinum group elements minerals (PGM)) saadaan sivutuotteena kullankaivuun yhteydessä Lapin kullanhuuhdonta-alueilta. Tärkein hyödynnetty mineraalia on isoferroplatina. Hippuja esiintyy granuliittikaaren sisällä olevissa upaesiintymissä ja niiden lähtöpaikka on tuntematon. Tutkielman tarkoituksena on selvittää hipuissa esiintyvien PGM-sulkeumien mineralogialla ja tehdä johtopäätöksiä niiden muodostumisesta. Sulkeumien mineralogialla ja koostumusta vertaillaan maailmalla esiintyviin platinaryhmän alkuaine-esiintymiin.</p> <p>Tutkimusta varten hankittiin näytteitä lapin kullanhuuhdonta-alueilta. Näytteitä saatiin Lemmenjoen-Ivalojoen ja Tankavaara-Mäkärä-Roivainen alueilta. Näytteistä valmistettiin kiillotetut pintahieet. Kaikkiaan 50 platinaryhmän mineraaliraetta tutkittiin FESEM pyyhkäisyelektronimikroskoopin avulla. Sulkeumat analysoitiin laitteen energiadiispersiivisellä analysaattorilla (EDS) ja tulkinta suoritettiin laskemalla analyysistä mineraalin ionisuhteet. Analysejä otettiin kaikkiaan 1000:sta sulkeumasta.</p> <p>Tuloksista havainnoitiin 22 eri PGM-mineraalia ja seosta. Yleisimpinä sulkeumamineraaleina esiintyi Ru-Os-disulfidit lauriitti-erlichmaniitti, jotka muodostavat vyöhykkeellisiä sulkeumia isoferroplatinan sisään. Seuraavaksi yleisimmät mineraalit olivat PGE-sulfarseniitit, joista tärkein on Irarsiitti. Lisäksi esiintyi rodarseniittia, hollingworthiittia. Ru-Os-Ir-seokset esiintyivät sulkeumina rakeiden sisustassa, joista osa muodosti kritalografisesti suuntautuneita suotaumia. Tiospinelli ryhmästä esiintyi cuproiridsiitti-malaniitti. Pt-Pd-Au-Cu-seoksia esiintyi omina rakeinaan. Pt-Fe-Cu-seokset esiintyivät sulkeumina isoferroplatinan sisässä ja reunassa, lisäksi yhdessä rakeessa esiintyi nimeämätön Pt₂Cu-mineraali hongshiniitin ympäröimänä. Perusmetallisulfideja esiintyi sulkeumana yhdessä rakeessa. Osa makroskooppisesti tulkituista isoferroplatinahipuista paljastui Au-Hg- ja weishaniittihipuiksi.</p> <p>Tutkimuksessa löydettyistä mineraaleista Os-Ir-Ru-seokset, lauriitti-erlichmaniitti ovat muodostuneet magmaattisesti korkeassa lämpötilassa. Lämpötilan laskiessa muodostui cuproiridsiitti, kashiniitti sulkeumat(suotaumat?). Myöhäismagmaattisessa ja hydrotermisessä tapahtumassa kehittyi PGE-sulfarseniidit, atokiitti, cooperiitti ja sperylliitti sulkeumat sekä osa Pt-Fe-Cu seoksista. Yksi Pt-Fe-Cu-rae osoittaa magmaattisen kiteytymisen piirteitä. Vyöhykkeellinen Pd-Pt-rae voi rakenteensa puolesta supergeenisesti muodostunut.</p> <p>Tutkimus osoitti, että isoferroplatinahiput voivat olla peräisin ofioliittisesta, Ural-Alaska -tyypin intruusiosta tai kerrosintruusiosta. Ruteniumpitoiset rakeet indikoivat ofioliittista lähtöainesta ja sulfidiköyhät puolestaan Ural-Alaska tyypin esiintymää. Sperylliitti rakeet voivat olla peräisin Ni-Cu-PGE-esiintymästä tai kerrosintruusiosta. Suotuisimmat kivilajit esiintymille sijaitsevat Tenojoki-vyöhykkeessä granuliittikaaren ulkopuolella.</p> <p>Aiemmin Lapista ei ole ilmoitettu Au-Hg-hippuja. Rakeiden mineralogia osoittaa toisenlaista lähtöpaikkaa hipuille kuin yleisesti oletetut kvartsi-karbonaatti juonet.</p>	
Muita tietoja	
Päiväys: 24 / 5 2021 Laatijan allekirjoitus: Tapio Soukka	

Tekijä (Sukunimi ja etunimet) Soukka Tapio Juhani	Tutkielman sivumäärä 72+48
Työn nimi The Composition and Origin of the Platinum Group Mineral nuggets in the Finnish Lapland.	
Asiasanat: Platinum group elements., inclusion, gold, Lapland, Tanabelt	
Abstract <p>Platinum group mineral (PGM) nuggets have been excavated from goldpanning areas as a side product. Most important PGM's are isoferroplatinum nuggets. The aim of this work is to analyse inclusion from isoferroplatinum and make conclusions concerning their genesis. The mineralogy and compositions of the inclusion will be compared with platinum group element (PGE) deposits worldwide.</p> <p>Samples were obtained from Lemmenjoki, Ivalojoki and Tankavaara-Mäkärä-Roivainen gold panning areas in Lapland.</p> <p>Polished sections were prepared from the samples. A total of 50 platinum group mineral grains were examined by Zeiss Ultra Plus field emission scanning electron microscope (FESEM). The analyses were carried out on the energy dispersive spectrometer (EDS) of the instrument and the interpretation was performed by calculating the ionic ratios of the mineral from the analysis. A total of 1000 inclusions were analysed.</p> <p>Twenty two different PGM minerals and alloys were found in the samples. The most common inclusions were Ru-Os disulphides laurite and erlichmanite, which form zonal inclusions within the isoproteroplathum. The next most common minerals were PGE-sulfarsenides with irarsite being the most common. Rhodarsenide, hollingworthite occur as a smaller inculsion in the rutenium alloys and irarsite. Ru-Os-Ir alloys occur as small inclusions in the grain interiors, some of which formed crystallographically oriented exsolutions. From the thiospinelli group, cuproiridsite-malanite occurs in grain boundaries and as inclusions. Pt-Pd-Au-Cu mixtures appeared as their own grains. Pt-Fe-Cu mixtures appeared as inclusions and at the margin of isoferroplatinum, in addition, one grain contained an unnamed Pt₂Cu mineral surrounded by hongshinite.</p> <p>Basemetal sulphides cubanite, pyrrhotite and chalcopyrite were present in one grain. Some of the macroscopically interpreted isoferroplatinum nuggets were revealed as Au-Hg and weishanite nuggets.</p> <p>The Os-Ir-Ru alloys, laurite-erichmanite minerals were formed magmatically at high temperature. As the temperature decreased, cuproiridsite, kashinite exolutions formed. In a late magmatic and hydrothermal event, PGE-sulfarsenides, atokite, cooperite and sperryllite inclusions developed. One Pt-Fe-Cu grain shows features of magmatic crystallization.</p> <p>The study showed that isoferroplatinum nuggets may be derived from Ophiolitic source, Ural-Alaska type intrusions or Layered Intrusions. The ruthenium-rich grains indicate an Ophiolite source and the sulphide-poor ones a Ural-Alaska type intrusion. The source of sperryllite grains may be Ni-Cu-PGE deposit or a layered intrusion. The most favourable rock types for the deposits are located in the Tenojoki-belt outside the granulite belt.</p> <p>In the past, no Au-Hg nuggets have been reported from Lapland. The mineralogy of the nuggets indicates a different origin for the grains than the commonly assumed quartz-carbonate veins.</p>	
Muita tietoja	
Päiväys: 24 / 5 2021 Laatijan allekirjoitus: Tapio Soukka	

SISÄLLYSLUETTELO

1. TUTKIMUSMENETELMÄT	7
2. TUTKIMUSALUE.....	7
2.1 Kallioperägeologia.....	7
2.1.1 Keski-Lapin liuskejakso (vihreäkivi vyöhyke)	9
2.1.2 Kerrosintruusiot.....	9
2.1.3 Kerrosmyötäiset juonet	9
2.1.4 Lapin Granuliittikaari.....	10
2.1.5 Tenojoki-vyöhyke	10
2.2 Kallioperän platinaryhmän alkuaineiden mineralisaatiot	11
2.2.1 Koitelainen	11
2.2.2 Keivitsa	11
2.2.3 Lomalampi	12
2.2.4 Kaitaselkä.....	12
2.2.5 Sakatti.....	13
2.3 Maaperägeologia	13
2.3.1 Paleorapaumat	13
2.3.2 Varhaiset jääkaudet	14
2.3.3 Interglasiaali- ja interstadiaaliajat	14
2.3.4 Veiksel-jääkausi	14
2.3.5 Moreenimuodostumat.....	14
2.3.6 Virtaavan veden kerrostumat.....	15
2.3.7 Harjut.....	15
2.3.8 Kulta- ja raskasmineraalirikkaat maaperämuodostumat	15
3. PLATINARYHMÄN MINERAALIEN ESIINTYMISETÄ JA TUTKIMUKSESTA.....	16
3.1 Upamalmi	16
3.2 Uralin-Alaskan tyyppiset intruusiot	16
3.3 Ofioliittikompleksit	17
3.4 Stratiformit kompleksit	17
3.5 Ni-Cu-PGE-sulfidimalmit.....	18
3.6 Platinamineraalien synnyn ja lähdekivien tutkimuksesta	19
4. TUTKIMUSMATERIAALI	19
4.1 Naukussuo	21
4.2 Kullankaivajien näytteet.....	21

5. TULOKSET.....	22
5.1 Morfologia.....	22
5.1.1 Isoferroplatina	22
5.1.2 Hongshiitti.....	24
5.1.3 Osmium	24
5.1.4 Sperryliitti.....	25
5.1.5 Au-Hg.....	25
5.2 Päämineraalien koostumus ja sulkeumat.....	26
5.2.1 Isoferroplatina-tetraferroplatina Pt_3Fe	26
5.2.2 Sperryliitti $PtAs_2$	26
5.3 Sulkeumafaasien kuvaus.....	27
5.3.1 Osmium	27
5.3.2 Iridium.....	28
5.3.3 Rutenium	29
5.3.4 Rutheniridosminiitti	29
5.3.5 Lauriitti RuS_2	30
5.3.6 Erlichmaniitti OsS_2	31
5.3.7 Irarsiitti (Ir, Ru, Rh, Pt,) AsS	32
5.3.8 Hollingworthiitti (Rh, Pt, Pd) AsS	33
5.3.9 Braggiitti, cooperiitti PtS	33
5.3.10 Atokiitti (Pt, Pd) $_3Sn$	34
5.3.11 Hongshiitti $CuPt$ ja nimeämätön mineraali Pt_2Cu	35
5.3.12 Kuproiridsiitti $Cu(Rh, Pt, Ir)_2S_4$	36
5.3.13 Kashiniitti Ir_2S_3	37
5.3.14 Rodarseniitti (Rh, Pd) $_2As$	38
5.3.15 Palladium platina kulta kupari (Pd-Pt-Au-Cu)	39
5.3.16 Pt-Fe-Cu	40
5.3.17 Kubaniitti $CuFe_2S_3$	41
5.3.18 Magneettikiisu FeS	42
5.3.19 Kuparikiisu $CuFeS_2$	42
5.3.20 Tongxinite Cu_2Zn	43
5.3.21 Silikaatit ja oksidit.....	43
6. TULOSTEN TARKASTELU	44
6.1 Isoferroplatina	44
6.2 Sperryliitti.....	44
6.3 Hongshiitti.....	45
6.4 Lauriitti-erlichmaniitti.....	46

6.5 Kashiniitti.....	47
6.6 Kuproiridsiitti.....	48
6.7 Hollingworthiitti-irarsiitti.....	49
6.8 Rodarseniitti	50
6.9 Rustenburgiitti-atokiitti.....	51
6.10 Pt-Pd-Au.....	52
6.11 Au-Cu-Pd	53
6.12 Pt-Fe-Cu	54
6.13 Osmium-iridium-rutenium.....	55
6.14 Kubaniitti-kuparikiisu-magneettikiisu.....	56
6.15 Silikaatit ja oksidit.....	57
6.16 Muita mineraaleja	57
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	58
8. YHTEENVETO	61
9. KIITOKSET	63
10. VIITELUETTELO	64
LIITTEET.....	76

JOHDANTO

Ensimmäiset viitteet Lapin isoferroplatina hipuista ovat peräisin 1800-luvulta (Saarinen 1984). Nykyaikaisin menetelmin hippuja alkoi tutkimaan Yrjö Vuorelainen ja Ragnar Törnroos, saatuaan upanäytteitä kullankaivajilta 1980-luvulla. Tutkimukset julkaistiin tieteellisenä artikkelina (Törnroos & Vuorelainen 1987). Tutkimuksen pohjalta aloitettiin selvitys, mahdollisesta platinahippujen niin kutsustusta emäkalliosta. Sen paikaksi valikoitui Naukussuo Lemmenjoelta, jossa esiintyi kohonneita platinaryhmän alkuaineiden (PGE) pitoisuuksia kallioperässä ja rapakalliossa (Nurmi ym. 1991). Tutkimukset kuitenkin keskeytettiin. Platinahippututkimusta upanäytteistä jatkoivat Ragnar Törnroos ja Kari Kojonen jotka löysivät kaksi tuntematonta platinaryhmän mineraalia miessiitin ja törnroosiitin (Törnroos ym. 1996, Kojonen 2005, Kojonen 2007, Kojonen ym 2007, Kojonen 2008, Kojonen ym 2010, Kojonen 2014, Kojonen 2019a, b, c).

Platinahippujen emäkallioksi on esitetty granuliittikaaren lounaisreunan ultramaafisia kivilajeja. Kivilajeista ei ole löydetty merkkejä PGE-mineralisaatiosta, Naukussuota lukuun ottamatta. Lähimmät PGE-mineralisaatiot ovat Lomalampi, Kaitaselkä, Koitelainen, Keivitsa ja Sakatti, jotka sijaitsevat yli 50-100 km kulta-alueista. Kojonen (2014, 2019a) on esittänyt platinaryhmän alkuaineiden mineraalien (PGM) lähtöpaikaksi mahdollista gabbronoritti intruusiota, joka sijaitsee granuliittikaarren reunalla Vasarovien alueella Lemmenjoella. Intruusiosta otetuista kiviläytteissä tavattiin korkeimmillaan 63 ppb Pd-pitoisuus.

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää Lapissa esiintyvien platinaryhmän alkuaineiden mineraalien eli PGM-hippujen (engl. lyhenne: PGM = platinum group minerals) syntyolosuhteita ja tutkia hipuissa esiintyvien mineraalien ja seoksien avulla yhtäläisyyksiä eri platinaryhmän alkuaine- eli PGE-esiintymiin (engl. lyhenne: PGE = platinum group minerals) maailmalla.

Platinaryhmä alkuaineita ovat järjestysluvun mukaan rutenium (44), rodium (45), palladium (46), osmium (76), iridium (77) ja platina (78), joka antaa nimensä ryhmälle. Niiden kemialliset symbolit ovat vastaavasti Ru, Rh, Pd, Os, Ir ja Pt ja ne kuuluvat kemiallisesti siirtymäryhmien 8-10 metalleihin jaksollisen järjestelmän viidennessä ja kuudennessa jaksossa. Ne kuuluvat ns. siderofiilisiin alkuaineisiin ja esiintyvät mielellään raudan kanssa mm. meteoriiteissa, maan vaipassa ja yleensä emäksisissä kivissä. Ne ovat myös huonosti happoihin liukenevia, minkä vuoksi ne luetaan jalometalleihin. Kansainvälisen Mineralogisen Seuran (IMA) hyväksymiä platinaryhmän alkuaineiden mineraaleja on alkuaineiden jaloudesta huolimatta kuitenkin lähes 150.

Kullankaivajat lahjoittivat tätä työtä varten upamateriaalia tutkimuksiin eri puolilta Lappia. Analysointi suoritettiin Oulun yliopiston materiaalianalyysikeskuksella

1. TUTKIMUSMENETELMÄT

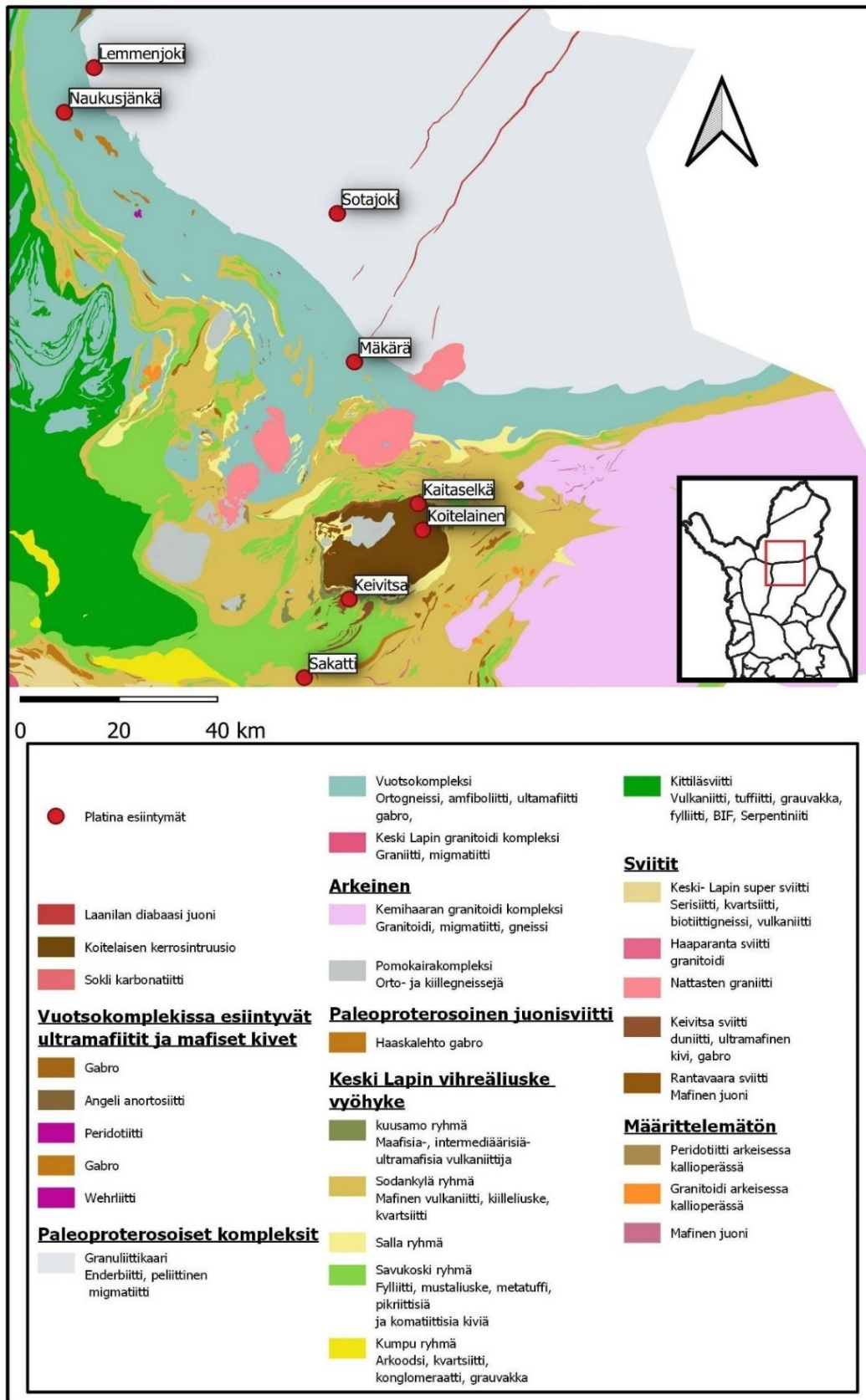
Näyttemateriaali tutkittiin Oulun yliopiston Materiaalianalyysikeskuksessa ja näytteenkäsittely käydään läpi näytepaikkojen yhteydessä. PGM-hiput analysoitiin Zeiss ULTRA plus -kenttäemissiopyyhkäisyelektronimikroskoopin (Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM)) energiadiispersiivisellä röntgenspektroskoopilla (Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy, EDS). Jännitteenä käytettiin 15kv. Standardeina käytettiin Micro-Analysis Consultants Ltd:n Universal block 45 standardia. Hiput tutkittiin takaisin sironneiden elektronien (Back scatter electron, BSE) kuvaa käyttäen, joka erottelee materiaalit toisistaan niiden keskiatomipainoon perustuen, jolloin raskaammat mineraalit kuten platinaryhmän mineraalit erottuvat kirkkaampana kevyemmistä taustamineraaleista. Analyysin jälkeen tulkinta mineraaleista suoritettiin röntgensäteilyn energijakaumaa apuna käyttäen, josta ylimääräiset alkuaineet suodatettiin pois manuaalisesti. Jatkoanalyysit mielenkiintoisimmille rakeille suoritettiin JEOL JXA-8530FPlus kenttäemissiomikroanalyysointilaitteella (FE-EPMA). Analyysituloksesta laskettiin jokaiselle mineraalille ionisuhteet.

2. TUTKIMUSALUE

Tutkimusalue sijaitsee Lapissa Inarin ja Sodankylän alueella. Aluetta luonnehtivat suuret tunturijonot ja asumaton erämaa. Etelässä alue rajoittuu Porttipahdan ja Lokan tekojärviin. Idässä Nattastuntureihin, Pohjoisessa Ivalojokeen ja Lemmenjoen tuntureihin, lännessä Suomen ja Norjan rajaan.

2.1 Kallioperägeologia

Tutkimusalue seurailee Vuotso kompleksiin kuuluvaa Tenojoki-vyöhykettä (kuva 1). Kallioperägeologisesti alue rajoittuu Pohjoisessa granuliittikaareen, idässä Nattastyypin graniitti intruusioihin, etelässä ja lännessä Keski-Lapin vihreäliuskejakssoon.



Kuva 1. Tutkimusalueen geologinen kartta ja tunnetut platinaesiintymät. Aineisto: Geologian tutkimuskeskus, Bedrock of Finland-Digikp, 2016. Kartta: Tapio Soukka, Oulu Mining School, Oulun yliopisto, 2021.

2.1.1 Keski-Lapin liuskejakso (vihreäkivivyöhyke)

Liuskejakso kattaa 100 x 200 km² alueen Sallasta Suomen ja Norjan rajalle. Vyöhyke jatkuu edelleen Norjan puolella Jäämerelle asti (Kuva 1). Geologisesti alue rajoittuu pohjoisessa Lapin granuliittijakssoon ja idässä arkeisiin gneisseihin. Koillisessa ja etelässä vyöhykkeeseen on tunkeutunut graniitteja (Hanski & Huhma 2005).

Liuskajaksossa on 6 litosgrafista yksikköä. Salla-ryhmän intermediääriset ja felsiset vulkaniitit kerrostuivat 2400 milj. vuotta sitten. Kuusamo-ryhmä (tunnettu ennen Onkamo-ryhmänä) kerrostui Salla-ryhmän jälkeen. Ryhmä sisältää maafisia ja intermediäärisiä ja vähän ultramaafisia metavulkaniitteja. Verrattuna Salla-ryhmään Kuusamo-ryhmän kivet ovat primitiivisempiä ja niitä luonnehtii suuri kontaminaatio maankuoresta. Sodankylä-ryhmän kivet syntyivät maankuoren repeämään. Ryhmä sisältää kvartsiitteja ja paragneissejä ja lisäksi siinä on metavulkaniitteja ja hieman karbonaattipitoisia kiviä kuten dolomiittimarmorina. Savukoski-ryhmään kuuluu fyliittejä, mustaliuskeita ja metatuffiitteja ja se on ensimmäinen grafiitti- ja sulfidipitoisia kerroksia sisältävä ryhmä (Hanski & Huhma 2005).

Kittilä-ryhmä kattaa suurimman metavulkaniittiyksikön, jota myös kutsutaan Kittilän vihreäkivikompleksiksi. Siihen kuuluu pääosin metavulkaniitteja mutta myös metasedimenttejä esiintyy. Niistä tärkeimpiä ovat rautamuodostumat. Metavulkaniitit jaetaan vielä geokemian ja esiintymisen perusteella Vesmajärvi- ja Kautoselkä-muodostumiin (Lehtonen ym. 1998). Kittilä-ryhmään liittyvät lisäksi ofioliiteiksi arvelut Nuttion serpentiniittipahkut, jotka sisältävät kromiittiittilinssejä (Hanski 1997). Vähäistä felsistä magmatismia esiintyi ryhmän kerrostuessa. Viimeisenä kerrostuivat Lainio- ja Kumpuryhmä. Näihin ryhmiin kuuluu molassityyppisiä konglomeraatteja, meta-arkooseja ja kvartsiitteja.

2.1.2 Kerrosintruusiot

Lapissa sijaitsee neljä kerrosintruusiota (Kuva 1). Koitelaisen ja Akanvaaran intruusiot ovat iältään 2440, Haaskalehto 2220 ja Keivitsan ja Satovaaran intruusiot 2050 milj. vuotta. Koitelaisen intruusio on pyöreäkö ja ympäröivät kivilajit ovat Salla-ryhmän metavulkaniitteja. Pohjakontakti koostuu arkeisista gneisseistä ja Sallan ryhmän metavulkaniiteista. Akanvaaran intruusio sijaitsee itäisessä Lapissa. Muodoltaan se on pitkulainen 15 km pitkä ja sitä ympäröivät Salla-ryhmän intermediääriset ja felsiset metavulkaniitit (Mutanen 1997, Hanski & Huhma 2005). Koitelaisen stratigrafiaa ja PGM-mineralisaatiota kuvataan tarkemmin myöhemmin.

2.1.3 Kerrosmyötäiset juonet

Kittilän ja Sodankylän välillä Keski-Lapissa on kerrosmyötäisiä juonia (kuva 1). Nämä muuttuneet juonet ovat metagabroja -wehrlittejä. Vihreäkivi vyöhykkeen etelärajalla sijaitseva Haaskalehdon intruusio on tyypillinen kerrosmyötäinen juoni (Hanski & Huhma 2005, Hanski ym. 2010).

Sodankylä ryhmän kivet sisältävät monia erikokoisia intruusioita. Keivitsa-Satovaaran intruusio on näistä merkittävin. Savukoski ryhmän fylliitit ja mustaliuskeet ympäröivät intruusiota. Keivitsan intruusio koostuu neljästä osasta, joita ovat jäähtymisreuna, ultramaafinen- ja gabrokehä sekä granofyyri. Ni-Cu-PGE-malmi sijaitsee ultramaafisen osan yläpuolisessa osassa (Hanski & Huhma 2005). Keivitsa-Satovaaran PGM-esiintymään palataan kohdassa 2.2 Kallioperän platinaryhmän alkuaineiden mineralisaatiot. Yleisen geologisen tutkimuksen esiintymästä on tehnyt (Hanski ym. 1997, Mutanen 1997, Santaguida ym. 2015).

2.1.4 Lapin Granuliittikaari

Granuliittikaari sijaitsee Pohjois-Lapissa (Kuva 1). Kaari alkaa koillisesta Venäjän puolelta ja kaareutuu pohjoista kohti, jossa se jatkuu Tenojoen yli Norjaan. Geologisesti se rajautuu etelässä ja lännessä Keski-Lapin ja Karasjoen vihreäkivi vyöhykkeisiin ja Tenojoki-vyöhykkeeseen, koillisessa Inarin gneissikompleksiin. Ensimmäiset tutkimukset granuliittikaaresta ovat peräisin 1870-luvulta. Granuliittien petrologiaa ja petrografiaa ovat kuvanneet Eskola (1952), Meriläinen (1976) Hörman ym. (1980), Raith & Raase (1986), Barbey & Raith (1990), Leibinger (1996), Perchuck ym. (2000), Tuisku & Huhma (2006), Tuisku ym. (2006) sekä Tuisku ym. (2012).

Granuliittikaari syntyi 1940–1880 Ma välisenä aikana alumiinirikkaista sedimenteistä (Tuisku & Huhma 2006). Nämä sedimentit hautautuivat nopeasti maankuoren alaosiin ja migmatisoituivat. Noriittinen ja enderbiittinen magma tunkeutui kerrosmyötäisiksi juoniksi peliittien joukkoon 1.91–1.92Ma välisenä aikana. Tällöin lämpötila nousi 850 °C:en ja paine 12 kbar:iin mikä mahdollisti granuliittien synnyn (Tuisku ym. 2006, 2012).

Granuliittikaareen kivilajit jaetaan kahteen luokkaan, khondaliitteihin ja noriitti-enderbiitti sarjan kiviin. Khondaliitit ovat peliittisiä migmatiitteja, jotka syntyivät alumiinirikkaista sedimenteistä. Noriitti-enderbiitti sarjaan kuuluu enderbiittejä, granaattinderbiittejä ja noriitteja (Tuisku ym. 2006). Nämä kivilajit sijaitsevat granuliittikaaren reunoilla kerrosmyötäisinä juonina khondaliittien joukossa.

2.1.5 Tenojoki-vyöhyke

Tenojoki-vyöhyke sijaitsee vihreäkivivyöhykkeen ja granuliittikaaren välissä Vuotso kompleksissa (kuva 1). Barbey ym. (1984) jakavat alueen vulkaanisperäiset kivet kolmeen luokkaan tholeettiset, kalkkialkaaliset ja ryodasiittiset metavulkaniitit. Lisäksi vyöhykkeellä esiintyy plutonisia kiviä, jotka jaetaan heidän mukaansa anortosiittimassiiviin, troktooliittisiin gabroihiin ja graniitteihin.

Vyöhyke koostuu amfiboliiteista, arkoosigneisseistä, migmatiiteista (Belyaev & Kozlov 1997). Alue migmatisoitui kun granuliittikaari työnty sen päälle. Tätä indikoi alueelta löytyneet eklogiitit (Tuisku & Makkonen 1999). Alueellinen metamorfoosiaste on tapahtunut amfibolifasiuksen olosuhteissa.

Tenojoki vyöhykkeellä sijaitsee ultamaafisia kiviä. Kiviä on tutkineet Lapin nikkeliprojekti 1970-luvulla (Papunen 1976, Papunen ym. 1977). Osasta Tenojoki-vyöhykkeen ultramafiitteja on tehty lisensiaatin tutkielma pohjautuen nikkeliprojektin keräämään aineistoon (Vilen 1999). Vilenin (1999) mukaan reunavyöhykkeellä esiintyy kolmenlaisia metaultramafiitteja. Ensimmäisenä on Vaskojoen anortosiittiin liittyvät ultramafiitit. Toisena on metaultramafiitteja, jotka ovat deformatuneet tai osia differentoituneesta kerrosjuonista. Kerrosjuonia luonnehtii maan vaipan tapainen $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ -suhde ja kivilajien kevyiden harvinaisten maametallien pitoisuus on noussut, johtuen kontaminaatiosta. Kolmannelle tyyppille on ominaista korkea $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ suhde joiden Ti- ja Zr-pitoisuudet ovat alhaisia. Alkuperäinen kivi voi olla voimakkaasti deformatunut ofioliittiperäinen muodostuma. On mahdollista, että ultamaafiset kivet olisivat myös intruusioiden kappaleita (Vilen 1999). Törmänen (2016) on tutkinut Lapin Nikkeli projektin aineistoa nykyaikaisin menetelmin malminetsinnän näkökulmasta.

2.2 Kallioperän platinaryhmän alkuaineiden mineralisaatiot

Pohjois-Suomessa esiintyy kallioperässä Platinaryhmän alkuaineiden mineralisaatioita, jotka eroavat kehitykseltään toisistaan. Tärkeimmät mineralisaatiot liittyvät Kerrosintruusioihin ja magmaattisiin Ni-Cu-PGE-mineralisaatioihin.

2.2.1 Koitelainen

Koitelaisen kerrosintruusio sijoittuu Vuotson eteläpuolelle (kuva 1), Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeen pohjoisreunalle. Rakenteeltaan kerrosintruusiassa on kolmesta osaa: Alavyöhyke, gabrokoostumuksinen päävyöhyke ja gabrokoostumuksinen ylävyöhyke. Ylävyöhyke koostuu anortosiiteista ja magnetiittigabrosta. Alavyöhykkeessä esiintyy peridotiittia mikä sisältää pyrokseniitti- ja gabrovälikerroksia. Lisäksi pyrokseniitissa esiintyy kromiittikerroksia. Päävyöhyke koostuu gabrokumulaateista. Ylävyöhyke koostuu anortosiitista, ylemmästä kromiittikerroksesta ja magnetiittigabrosta (Mutanen 1997).

Platinaryhmän metalleja ja kultaa esiintyy Koitelaisen intruusioissa eri kerroksissa, alimmaisimmasta oliviini-pyrokseniittikumulaateista aina magnetiittigabroon. Analyysit ovat osoittaneet Pd-Au-mineralisaation alavyöhykkeen peridotiiteissa, mutta tätä ei ole todennettu mikroskooppisesti (Mutanen 1997).

Koitelaisessa PGE on rikastunut kromiitteihin. Ylemmässä kromiitti tasossa tyypillisimmät mineraalit ovat ruarsiitti, (RuAsS) joka esiintyy vierasmuotoisina alle 10 μm rakeina kromiittissa ja matriksissa muita PGM:a ovat lauriitti, sperryliitti ja moncheiitti (Mutanen 1997).

2.2.2 Keivitsa

Keivitsa-Satovaara sijaitsee Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä (kuva 1). Intruusio koostuu oliviinipyrokseniitista ja gabroista. Malmi sijoittuu intruusion keskelle oliviiniwebsteriittiin ja päämalmimineraaleina esiintyy pentlandiitti ja kuparikiisu (Santaguida ym. 2015).

Mutanen (1997) jakaa Keivitsan malmin neljään eri päätyyppiin: normaali malmi, vaihtuva malmi, Ni-Cu-PGE malmi ja väärä malmi. Ni-PGE malmi on hyvin nikkelirikas, tärkeimmät nikkelimineraalit ovat milleriitti ja heazlewoodiitti (Santaguida ym. 2015).

PGM:t esiintyvät Keivitsan Ni-Cu-PGE-malmissa alle 10 µm rakeina sulfidien reunoilla silikaateissa. Tyypillisimmät mineraalit ovat Te-Bi-Pt-Pd-mineraalit: moncheiitti, kotulskiitti, merenskyiitti, micheriitti, masloviitti. Lisäksi esiintyy harvinaisempaa sperryliittiä, cooperiittiä, braggiittiä ja isoferroplatinaa (Mutanen 1997).

2.2.3 Lomalampi

Lomalampi sijaitsee Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä (kuva 1). Kivilajit mineralisaation ympäristössä koostuvat Sodankylä- ja Savukoskiryhmän klastisista sedimenteistä ja ultramaafisista kivistä. Lomalammen pääkivilajit koostuvat ultramaafisista metalaavoista, -breksioista, -tuffeista sekä erityyppisistä hyaloklastisperäisistä kivistä (Törmänen ym. 2016).

Törmänen ym. (2016) jakavat Lomalammen korkean magnesium pitoisuuden kivet kolmeen ryhmään. 1. vulkanoklastiset metakomatiitit 2. metakomatiitti ja komatiittiset basalttiset laavavirrat 3. massiviset kumulaattikerrokset.

Sulfidimineralisaatio esiintyy peridotiittisessa ortokumulaattikerroksessa. Mineralisaation synnyttänyt magma oli rikastunut platinaryhmän alkuaineista, joka erkaantui komatiitista tai komatiittisesta basaltista. Mineralisaatio voidaan luokitella Leshner'in ja Keays'in (2002) IIb tai IIc tyyppeihin (Törmänen ym. 2016).

PGM:t ovat kooltaan 4-6 µm ja suurimmat rakeet ovat 20-30 µm. Rakeet esiintyvät sulfidien, silikaattien, metalli-As-S- ja metalli-As-faasien, oksidien ja karbonaattien kanssa. Tärkein PGM ja ainoa Pt-rikas mineraali on sperryliitti, joka esiintyy silikaateissa (80 %). Lisäksi mineralisaatiossa esiintyy Pd-Ni-Te±Sb±Bi faaseja, meloniittia, merenskyiittiä ja kaksi nimeämätöntä Ni-Pd mineraalia. Pd-mineraalit ovat sulfideissa (40 %) ja silikaateissa (50 %) (Törmänen ym. 2016).

2.2.4 Kaitaselkä

Kaitaselän Cu-Au-Ni-PGE mineralisaatio sijaitsee Lomalammesta itään, Koitelaisen kerrosintrusion rajalla (kuva 1). Aihe löydettiin 1974 kartoituksen yhteydessä. Mineralisaatiota ovat tutkineet 1974, 1979 ja 2018-2019 Geologian tutkimuskeskus ja FQM finnEx (2016) (Mutanen 1975, Mutanen 1979, FQM finnEx 2016, Valkama & Hietala 2020).

Kohonneita platinapitoisuuksia esiintyy gabbroyksikössä. Pitoisuudet johtuvat sperryliitistä ja Pd-Te mineraaleista, jotka esiintyvät amfibolissa ja muissa silikaateissa (FQM finnEx 2016).

2.2.5 Sakatti

Sakatin Cu-Ni-PGE-monimetalliesiintymä sijaitsee Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä (kuva 1). Malmin isäntäkivilaji koostuu peridotiiteista, oliviini kumulaateista ja hienorakeisia ultramafisia kivistä (Brownscombe ym. 2015).

Malmi esiintyy pirotteisena, juonina, semimassiivisena ja massiivisena sulfidimalmina. Juoni, semimassiivinen ja massiivinen mineralisaatio esiintyy oliviinikumulaattisessa osassa sekä afanniittisessa osassa ja esiintymän kattopuolessa. Pirotteinen malmi esiintyy vain oliviinikumulaattisessa osassa (Brownscombe ym. 2015).

Mineralisaatiossa esiintyvät PGM:t ovat merenskyiitti, moncheiitti ja meloniitti. Rakeiden koko on 1-100 µm ja mineraalit esiintyvät aina sulfidien kanssa (Brownscombe ym. 2015). Osmium-, iridium-, rutenium- tai rodiummineraaleja ei ole tavattu mineralisaatiossa (Törmänen et.al 2016).

2.3 Maaperägeologia

Pohjois- Suomessa maaperän pinta-alasta on 52,2 % moreenia, 33,3 % on turvetta, 6,5 % kalliota ja louhikkoa ja 6,2 % soraa sekä hiekkaa (Kujansuu 2005).

2.3.1 Paleorapaumat

Keski-Lapissa sijaitsee jääkausia edeltäviä paleorapaumia. Yleisiä ne ovat painaumisissa ja laaksojen pohjilla. Rapauumat syntyvät trooppisessa ilmastossa, kun vedet liuottavat kallioperän kivilajeja miljoonia vuosia ja muuttavat sen koostumusta. Hyypä (1981) on kuvannut Tankavaraan alueella granuliitin rapautumista. Suhteellisesti eniten granuliitista on uuttunut kalsium ja natrium, seuraavana on mangaani, pii, kalium ja alumiini tässä järjestyksessä. Mineralogialtaan rapauumat ovat kaoliniittisia, eivät niinkään lateriittisia. Kuitenkin Lapin kultahipuista on tavattu paljon lateriittista materiaalia. Eniten kivilajeista on rapautuneet emäksiset kivet. Tuisku ja Peronius (2018) ovat kirjoittaneet rapaumien synnystä ja kehityshistoriasta paleoilmaston kehitykseen, tektoniikkaan, isostasiaan ja paleotopografiaan perustuvan yhteenvedon. Heidän mukaansa rapautumishistoria on pitkä ja ajoittuu pääosin mesotsooiseen maailmankauteen, jonka alkupuolella alue oli lämpimässä ilmastossa merenpinnan tason yläpuolella.

Keski-Lapissa paleorapauumissa esiintyy gossanmuodostumia. Gossan syntyy, kun sulfidipitoinen aines rapautuu kostean ja lämpimän ilmaston alaisena. Liuokset liuottavat kivistä mineraaleja ja aines rikastuu gossanin pohjaan sekundäärisesti. Suomessa gossanmuodostuman syntyä ovat kuvanneet Pyhäsalmen kaivoksessa Helovuori & Vuorelainen (1962) ja Lapissa Müller (2019). Muodostumia esiintyy Sodankylässä Mäkärrövan kultamineralisaatiossa (Tuisku & Peronius 2018), Mustajärven orogeenisessä kultaesiintymässä Kittilässä (Müller 2019) ja Kolarin Yllästunturin rinteellä (Tuisku & Peronius 2018). Lisäksi Sodankylässä esiintyvässä Kaitaselässä on gossanpiirteitä.

Fysikaalista rapautumista tapahtuu tunturien rinteillä. Kivikasoja tunturien rinteillä kutsutaan rakaksi. Nämä kivikot syntyvät pakkasrapautumisen tuloksena, kun vesi tunkeutuu kivien rakoihin ja jäätyessään laajenee, tällöin kivi halkeaa.

2.3.2 Varhaiset jääkaudet

Lapissa on paikoin viimeistä jääkautta edeltäviä jäätikkökerrostumia, etenkin moreeneja. Laajimmin niitä on kuvannut Hirvas (1991).

2.3.3 Interglasiaali- ja interstadiaaliajat

Interglasiaalikaudet olivat jääkausien välisiä pitempiä lämpimiä jaksoja, jolloin mantereella ei ollut jäätikköä ja vallitseva kasvillisuus oli lehtimetsää. Keski-Lapin jäänjakaja alueilla tavataan kerrostumia näiltä ajoilta. Vanhin on Holstein-interglasiaaliajalta peräisin oleva kerrostuma Kittilän Naakemavaarassa. Nuoremmasta Eem-interglasiaalista on jäänyt runsaammin kerrostumia. Kerrostumat sijaitsevat yleensä soiden ja kurujen pohjalla, missä jäätikkö ei ole pystynyt tuhoamaan niitä (Eriksson 2005).

2.3.4 Veiksel-jääkausi

Jäätikkökulutus ja eroosio on yleensä suurimmillaan jäätikön termisessä vaiheessa jäätiköitymisen loppupuolella. Myöhäis-Vekselin aikana n. 30 000–35 000 vuotta sitten Keski-Lappi toimi jäänjakaja-alueena. Tästä johtuen jäätikön kulutus on ollut heikkoa ja alueella on jäljellä edellä mainittuja jääkausia edeltäviä paleorapaumia. Pohjois-Suomessa on kolme erilaista jäätikön virtausaluetta. Keski-Lapissa jäätikkö virtasi Kolari-Kittilä alueelta Sodankylän halki Korvatunturille, pohjoisimmassa Suomessa jäätikkö kulki Muonion pohjoispuolelta Enontekiöön ja edelleen Inarin kautta Utsjoelle, viimeinen Etelä-Lapista Peräpohjolan kautta Pohjois-Pohjanmaalle. Varhais-Vekselin aikana jäätikkö virtasi pääsoin luoteesta kaakkoon tai pohjoisesta etelään. Jäänjakaja sijaitsi tuolloin Enontekiöltä Saariselälle ulottuvalla alueella (Johansson 2005).

2.3.5 Moreenimuodostumat

Moreenia esiintyy sekä pohja- että pintamoreenia. Pohjamoreeni on paikallista tiukasti iskostunutta ja runsaskivistä. Pintamoreeni on löyhää ja sen kivet ovat pyöristyneitä. Tämä materiaali on voinut kulkeutua pitkiä matkoja. Moreenimuodostumia on alueen pinta-alasta 4,3 %. Muodostumat on jaettu kolmeen luokkaan: 1) jäätikön alla syntyneet muodot, 2) kumpumoreenit ja 3) reuna- ja päätemoreenit (Johansson & Kujansuu 2005).

Suuria drumliinikenttiä on Lapissa Rovaniemi-Kuusamo välillä ja Inari-Utsjoki alueella. Ne esiintyvät parvena, joissa suurimmat yksittäiset drumliinit ovat 40 m korkeita ja 4 km pitkiä. Inarin alueella drumliinit alkavat vakoumina, kehittyvät kalliovarjosteisiksi muodostumiksi ja lopuksi drumliineiksi. Drumliineja ja vakoumia tavataan muuallakin Lapissa pieninä esiintyminä (Johansson & Kujansuu 2005).

Kumpumoreeni on pohjamoreenista tai ablaatiomoreenista koostuva kumpu tai selänne. Ablaatiomoreeni syntyy jäätikönpinnalle kertyneestä moreenista ja kerrostuu pohjamoreenin päälle jäätikön sulaessa. Pohjamoreenista syntynyt kumpumoreeni puolestaan muodostui, kun materiaali joutui puristuksiin tai kasaantui railoihin jäätikön alla (Johansson & Kujansuu 2005). Pohjois-Suomessa esiintyy laajoja kumpumoreenialueita Kemijärvellä ja Rovaniemen ja Ranuan välillä. Pienempiä alueita on Kittilässä, Sevettijärven ja Partakon alueella ja Enontekiöllä (Johansson & Kujansuu 2005).

2.3.6 Virtaavan veden kerrostumat

Lapissa virtaavan veden kerrostumat kattavat 7,9 %. Tästä osuudesta jäätikköjokimuodostumat eli harjut, deltat ja sandurit kattavat 1,7 %. Loput 6,2 % ovat rantakerrostumia, jokikerrostumia ja lievehietikoita (Johansson ym. 2005).

2.3.7 Harjut

Harjuselänteet syntyvät, kun jäätikön sulamisvedet kerrostivat hiekkaa jäätikköjokikerrostumiin. Yksittäiset harjuselänteet muodostavat peräkkäisiä harjujaksoja ja voivat olla satoja kilometrejä pitkiä. pohjois- Lapin huomattavimpia harjujaksoja ovat Lemmenjoen–Kaamasen–Iijärven–Näätämön harjujakso, joka kulkee Pohjois-Lapin halki. Suurin osa Lapin harjuista on syntynyt jäätikön alla virranneissa, joissa subakvaattisessa ympäristössä (Johansson ym. 2005).

2.3.8 Kulta- ja raskasmineraalirikkaat maaperämuodostumat

Lapista on hyödynnetty systemaattisesti upakultaesiintymiä vuodesta 1869 alkaen. Esiintymät sijaitseva Ivalojoen-Saariselän alueella sekä Lemmenjoen, Tankavaaran ja Vuotson alueilla. 1900-luvun alussa Ivalojoen alueella etsittiin Lapin kullan emäkalliota. Upakultaesiintymistä on saatu sivutuotteina erilaisia korukiviä, platinaa ja jalokiviluokan korundeja (Stigzelius 1986).

Kulta ja platinahiput esiintyvät harvoin samoissa esiintymissä kallioperässä, kuitenkin upaplatinaesiintymän syntyyn vaikuttaa samat geologiset tapahtumat kuin kultaupaesiintymän syntyyn. Molempia mineraaleja löydetään Lapin upaesiintymistä. Lapin raskasmineraaliesiintymät ovat syntyneet pitkäaikaisen rapautumisen ja kasautumisen johdosta. Raskasmineraaleista kulta on rikastunut ensimmäisenä gossanmuodostumiin kuumassa ja kosteassa ilmastossa alkaen noin 600 milj. vuotta sitten. Kuuma ja kostea ilmasto kesti vuoteen 65 milj. asti, jolloin rapautuminen oli edennyt merenpinnan tasolle. Tätä seurasi hidas maankohoaminen, jolloin virtaava vesi kulutti maaperää ja rikasti raskasmineraaleja upaesiintymiin ja lopuksi eri aikojen mannerjäätiköt ovat tuhonneet vanhat upaesiintymät ja rikastaneet edelleen raskasmineraalit uudelleen (Tuisku & Peronius 2018).

3. PLATINARYHMÄN MINERAALIEN ESIINTYMISETÄ JA TUTKIMUKSESTA

Platinaryhmän alkuaineiden (PGE), ruteniumin, rodiumin, palladiumin, osmiumin, iridiumin ja platinan mineraaleja esiintyy sedimenttisissä raskasmineraali- eli upakerrostumissa ja magmaattisissa ultramaafisissa, mafisissa ja joissain alkalikivissä.

3.1 Upamalmit

Upamalmit olivat suurin platinan lähde 1900-luvun alkuun asti, jolloin alettiin hyödyntämään primääriesiintymiä. Kolumbiassa sijaitsevat platinaupamalmit olivat pitkään ainoa platinan lähde maailmassa. 1800-luvulla löydettiin Uralilta Venäjältä lisää upamalmeja (Weiser 2002).

Suurimmat upamalmit esiintyvät Uralin-Alaskan-tyyppisten ultramaafisten intruusioiden läheisyydessä. Pienempiä esiintymiä tavataan alppilaistyyppisissä intruusioissa, jotka ovat ofioliittikompleksien yhteydessä (Weiser 2002).

3.2 Uralin-Alaskan tyyppiset intruusioidet

Ennen Bushveldin kompleksin löytymistä tärkeimpiä platinaryhmän alkuaineiden (PGE) malmeja olivat Uralin-Alaskan tyyppiset intruusioidet ja niihin liittyvät upaesintymät. Uralin-Alaskan tyyppiset intruusioidet ovat hyvin pieniä, piippumaisia, muutaman neliökilometrin kokoisia vyöhykkeellisiä intruusioita. Intrusioidet ovat intrudoituneet metamorfisiin kivilajivyöhykkeisiin lähelle vanhempia ja vakaampia alueita (Johan 2002).

Murrayn (1972) mukaan intrusioidet tunkeutuivat subduktiovyöhykkeiden andesiittilaavojen tulokanaviin. Myöhemmin intrusioidet deformatuivat ja pirstaloituivat tektonisissa liikunnoissa. Tämän tyyppisiä malmeja on Uralilla, Tulameenjoen alueella Alaskassa ja Etiopiassa. Liitteessä 2 on esitetty eräiden Uralin-Alaska-tyypin intrusioihin liittyvien platinaesiintymien tyyppillinen PGM-seurue.

Intruusion sisus koostuu useimmiten duniitista ja ulkoreuna klinopyrokseeniitista, hornblendiiitista ja montsogabrosta. Oliiviinilla on korkea magnesiumpitoisuus duniitissa. Kromiitti esiintyy duniitissa, pahkuina ja juonia ollen kaikkialla läsnä. Monissa tapauksissa kromiitti on muuttunut ferrikromiitiksi ja edelleen kromipitoiseksi magnetiitiksi. Magnetiitti ja ilmeniitti ovat ainoat rautapitoiset oksidit. Ilmeniitti muodostaa lamelleja magnetiitin sisällä (Taylor 1967) (Johan 2002).

Platinaryhmän mineraalit on kiteytyneet myöhemmin kuin kromiitti ja silikaatit. Isoferroplatina Pt_3Fe on intruusioiden yleisin PGM. Lisäksi esiintyy hieman Os-Ir-Ru-Pt-mineraaleja ja sulfideja (Johan 2002).

Johan (2002) jakaa Ural-Alaska intruusioissa esiintyvät PGE-mineralisaatioidet kolmeen päätyyppiin. Ensimmäisessä tyypissä platinaryhmän alkuaineiden mineraalit sijaitsevat duniitissa intruusion

sisustassa. Toisessa tyypissä PGE:t esiintyvät seuralaismineraaleina. Kolmannessa tyypissä PGE:t esiintyvät magnetiittirikkaassa klinopyrokseniitissa, joka ympäröi duniittikeskustaa.

Ensimmäisessä tyypissä vallitsevana mineraalina on Pt-Fe-seokset. Mineraalit sisältävät sulkeumina Pt-Fe-Cu-seoksia, PGE-sulfideja, -arsenideja ja -antimonideja. Toisessa tyypissä esiintyy enemmän alhaisen lämpötilan mineraaleja, jotka liittyvät kompleksiseen hydrotermiseen systeemiin. Kolmannessa Tyypissä esiintyy Pt-Fe-seoksia, jotka ovat Cu- ja Ni-rikkaita (Johan 2002). Alaskan-Ural komplekseille on tyypillistä korkea rodiumpitoisuus (Johan ym. 1990).

3.3 Ofioliittikompleksit

Platinaryhmän mineraaleja esiintyy peridotiitti valtaisissa ja kromiitti valtaisissa ofioliiteissa (O'Driscoll & González-Jiménez 2016). Liitteessä 2 on esitetty eräiden ofioliittikomplekseihin liittyvien platinaesiintymien tyypilliset PGM-seurue.

Peridotiittivaltaiset (Alppilais-tyyppi) koostuvat serpentiniittityyneistä harzburgiiteista, duniiteista ja lherzoliiteista. PGM:t esiintyvät pyrokseenipitoisissa juonissa ja kromiittimineralisaatioissa hyvin pieninä 5–2 µm sulkeumina. Yleisimmät sulkeumat ovat lauriitti, Os-Ir-Ru-seokset, Pd-Pt-Cu ja Au-Ag-Pt-Pd-Cu (Augé 1988, Ohnestetter 1992, Hutchinson ym. 1999).

González-Jiménez ym. (2014) jakavat kromiittivaltaisissa ofioliiteissa PGM:t kahteen tyyppiin riippuen mineraalien morfologiasta, PGE:n esiintymisestä ja sijainnista ofioliittisissa kompleksissa. Ensimmäinen tyyppi sisältää enemmän Os:a, Ir:a ja Ru:a kuin Pt:a, Pd:a ja Rh:a ja tärkeimmät PGM:t ovat lauriitti, erlichmaniitti, irarsiitti sekä Os-Ir-Ru-seokset. Osmiumin ja ruteniumin siirtyminen disulfideihin lähes täydellistä monissa ofioliittisissa kromiiteissa ja lauriitti sekä erlichmaniitti esiintyvät vyöhykkeellisinä sulkeumina muodostaen seossarjan (O'Driscoll & González-Jiménez 2016).

Toinen tyyppi sisältää puolestaan enemmän Pt-Pd-Rh-ryhmän alkuaineita ja sijoittuu merellisen kuoren alimpiin osiin. González-Jiménez'in ym. (2014) mukaan PGM:t esiintyvät kolmella eri tavalla kromiitin sisällä. Ensimmäisessä tyypissä PGM esiintyy kromiitin keskellä. Toisessa tyypissä kromiittiin muodostuneissa halkeamissa ja muuttumiskehissä. Kolmannessa tyypissä mineraalit esiintyvät muuttuneen kromiitin sisällä tai rajoilla. Muuttumattomassa kromiitissa tärkeimmät platinamineraalisulkeumat ovat sperrylliitti, stibiopalladiniitti, isoferroplatina ja cooperiitti-braggiitti. Muuttuneissa kromiiteissa tärkeimmät PGM:t ovat Pt-Pd-Rh- ja perusmetalliseokset, isoferroplatina, sperrylliitti ja Pt-oksidi (O'Driscoll & González-Jiménez 2016).

3.4 Stratiformit kompleksit

Stratiformit kompleksit sisältävät eniten platinaryhmän alkuaineita kaikista esiintymistä. Suurin ja tutkituin esiintymä on Bushveldin kerrosintruusio Etelä-Afrikassa (Cawthorn ym. 2002). Kompleksit koostuvat intruusioista, joissa esiintyy kromiitti-, PGE- ja magnetiittirikkaita kerroksia.

Kromiittikerrokset sijaitsevat intruusion alimmissa osissa ja magnetiittikerrokset ylimmissä. Stratiformisissa komplekseissa kromiitti on rikastunut platinasta ja palladiumista, tärkeimmät PGM:t ovat tellurideja, vismuttittelurideja ja PGE-sulfideja. Upaesiintymät, jotka liittyvät komplekseihin sisältävät Pt-Fe-seoksia, joiden koostumus on lähellä Pt_3Fe :a ja jotka sisältävät Pd-mineraaleja, PGE-antimonideja ja PGE-telluureja sulkeumina (Weiser 2002). Tärkeimmät platinamineraalit on esitetty liitteessä 2.

Bushveldin kompleksissa PGE:t esiintyvät kromiitin kanssa Merensky Reefissä ja UG2-kerroksessa. UG2:n kromiitti on oliviinipyrokseeniitissa. Merensky Reef koostuu hyvin ohuesta kromiittikerroksesta, joka sijaitsee pyrokseeniittien välissä (Cawthorn ym. 2002).

Great Dyke juoni on hyvin pitkä intruusio, joka vaihettuu ultramaafisista kivistä maafisiin kiviin. Platinamineralisaatio esiintyy ultramaafisen kiven yläpuolella websteriitissä. Websteriittiä kutsutaan P1-pyrokseeniitiksi (Oberthür 2002).

Oberthür (2018) on kuvannut PGM:en kulkeutumista sulfidimalmista, oksidisen malmin kautta upaesiintymiin. Primäärimalmi koostuu PGE-vismuttittelurideista, -sulfideista, -arsenideista, -sulfarsenideista ja seoksista. Oksidimalmi esiintyy lähellä maanpintaa, jolloin primäärimalmin mineraalit ovat muodostaneet Pt-Pd-oksidgeja tai -hydroksidgeja tai ovat tuhoutuneet. Upaesiintymissä esiintyvät PGM ovat sperryliitti ja Pt-Fe seokset, lähes muut PGM ovat tuhoutuneet tai muuttuneet.

Freetown Layered -kompleksi sijaitsee Sierra Leonessa. PGE-esiintymä sijaitsee yhdessä kolmesta yksiköstä. Tärkeimmät PGM ovat isoferroplatina-tetraferroplatina (O'Driscoll & González-Jiménez 2016).

Bowles ym. (2017) on kuvannut PGM esiintymistä rapautumassa ja niiden rapautumista. Tuoreessa kivessä isäntämineraaleina esiintyy klinopyrokseeni, maasälpä, oliviini, amfiboliitti ja kloriitti. PGM:t ovat PtS ja Pt_3Fe . Rapautumassa PGM esiintyy Pt-Fe±Cu-seoksina, joita ympäröi sekundääriset Fe- tai Al-oksyhydroksidit goethiitti ja gibbsiitti. Rapautunut kivi on köyhtynyt Pt- ja Pd-faaseista rapautumisprosessin aikana. Köyhtyminen ilmenee symplektiittisinä Pt-Fe-sulkeumina ja Pt-oksidgeina rakeiden reunoilla, sulfidit ovat tuhoutuneet täysin. Saproliitissa vain tetraferroplatina ja seokset ovat selviytyneet. Tulameniitti on viimeinen PGM, joka selviytyi rapautumisprosessista ja on tuhoutunut täysin saproliitissa. Rapautumisprosessin aikana Pt ja Pd kulkeutuivat saproliittiin mineralisoituneesta vyöhykkeestä pohjaveden mukana (Bowles ym 2017).

3.5 Ni-Cu-PGE-sulfidimalmit

PGE-esiintyvät useissa magmaattisissa Ni-Cu-PGE malmeissa. Yhteenveto magmaattisissa Ni-Cu-PGE malmeissa esiintyvistä PGM-seurueista on esitetty liitteessä 2.

Komatiittisissa malmiesiintymistä Kambalda Australiassa ja O'Toole Brasiliassa ovat parhaiten tutkittuja esiintymiä (O'Driscoll & González-Jiménez 2016). Komatiitit ovat ultramafisia

magmakiviä, joilla on korkean MgO-pitoisuus. Lesher & Keays (2002) jakavat komatiittiset malmiesiintymät eri tyyppeihin perustuen niiden syntytapaan, mineralogiaan ja geokemiaan. Komatiitteja esiintyy arkeisilla ja proterotsoisilla vihreäkivivyöhykkeillä (Lesher & Keays 2002).

Lapin vihreäkivivyöhykkeellä esiintyy komatiitteja, Kuusamo- ja Savukoskiryhmissä (Hanski & Huhma 2005). Jälkimmäiseen kuuluu myös Lomalammen Ni-Cu-PGE-esiintymä (Törmänen ym. 2016). Sulfidirikkaista komatiittiesiintymistä suurimmat PGE-pitoisuudet ovat Raglan esiintymässä Kanadassa (Seabrook ym. 2004). Kambaldan massiivisessa Ni-Cu-malmissa tärkeimmät PGM:t ovat Pt-Pd-mineraaleja (Liite 2).

Muissa kuin komatiittisissa magmaattisissa esiintymissä PGM:t ovat harvinaisia muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Tyypillisesti PGE-rikkaat Ni-Cu-malmit liittyvät maafisiin ja ultramaafisiin kerrosjuoniin, piippujen ja putkien kaltaisiin intrusioihin. Suurimmat PGE-pitoisuudet tavataan Norilsk-Talnakh-malmiesiintymässä Venäjällä (O'Driscoll & González-Jiménez 2016).

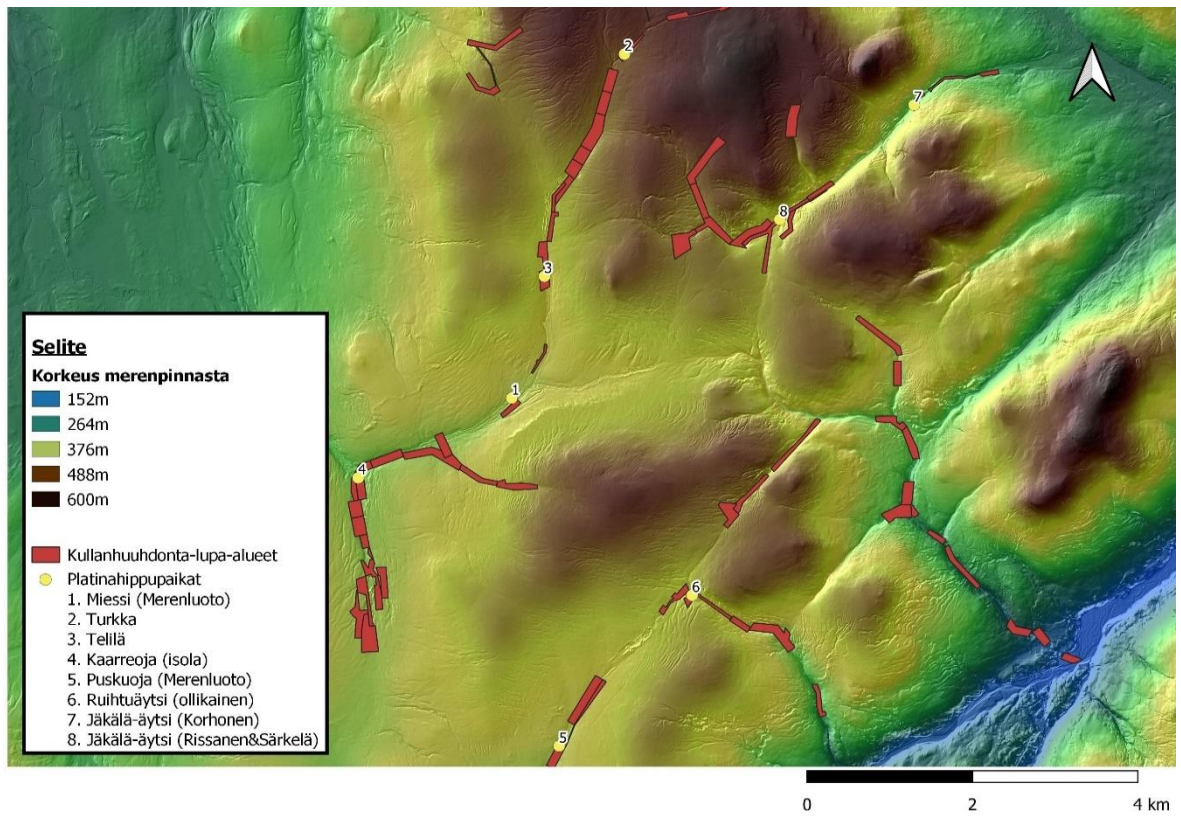
3.6 Platinamineraalien synnyn ja lähdekivien tutkimuksesta

Platinamineraalien syntyolosuhteita voidaan selvittää kokeellisin menetelmin. Näiden tulosten perusteella voidaan luonnon esiintymistäkin päätellä faasien syntyolosuhteet ja siten myös malmien syntyolosuhteet ja esiintymistyyppin merkitys. Kullerud ym. (1969) suorittivat ensimmäiset kokeelliset tutkimukset, jolloin huomattiin monosulfidiseossarjan (mss) tärkeys ja rooli faasien muodostuksessa.

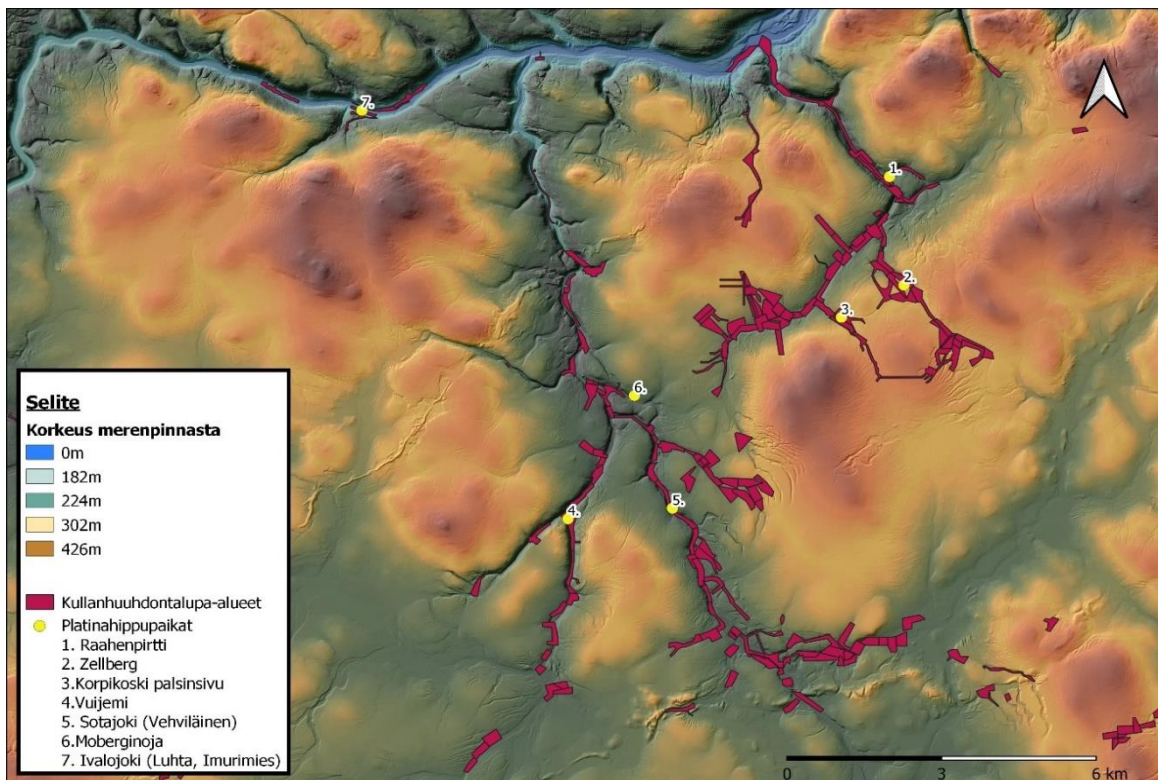
Makovicky (2002) jakaa synteettisen tutkimuksen neljään osa alueeseen. Ensimmäinen tutkii täydellisiä faasi systeemejä, yhden tai kahden platinaryhmän alkuaineen ollessa pääkomponenttina. Toinen tutkii perusmetalli faasisysteemejä, yhden tai muutamien PGE:n pienellä lisäyksellä.

4. TUTKIMUSMATERIAALI

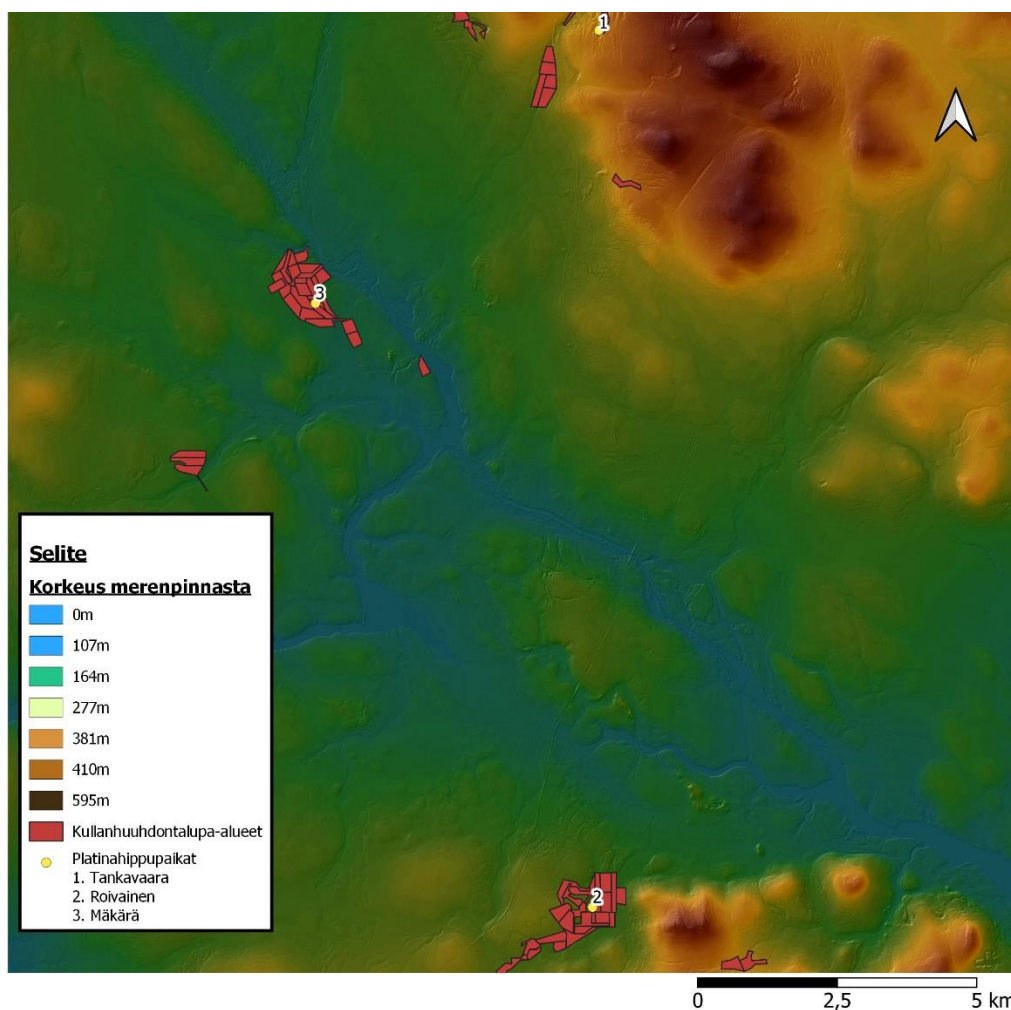
Tutkimuksessa käytetyt moreeninäytteet on kerännyt Geologian tutkimuskeskus kesän 1992 aikana Naukussuon alueelta Lemmenjoen kansallispuistosta Inarista. Lisäksi tutkimukseen on saatu upanäytteitä Miessijoelta Telilän, Ollilan, Isolan ja Rapelin huuhtomoilta sekä Kaarreojan risteyksestä, Merenluodon ja Ollikaisen huuhtomoilta Puskun ja Ruihtuäytsin alueelta ja Jäkälä-äytsiltä Korhosen sekä Rissasen ja Särkelän huuhtomoilta (kuva 2). Ivalojoen kullanhuuhtonta alueelta näytteitä on saatu Vehviläisen huuhtomolta Sotajoelta, Huuskosen, Korpikosken ja Raahenpirtin huuhtomoilta Palsilta, Muorin huuhtomolta Selperinojalta, Luhdan huuhtomolta Ivalojoen Björklundinkoskelta ja Moberginojalta sekä Vuijeminhaaralta Kellostapulien kohdalta. (Kuva 3) Eteläiseltä Tankavaara-Mäkärä-Roivainen alueelta näytteitä on saatu Tankavaaran turistihuuhtomon alueelta, Mäkästä Laurosen ja Deadwoodin valtauksilta ja Roivaisen alueelta. (kuva 4)



Kuva 2. Lemmenjoen kulta-alue ja näytteiden paikat. Aineisto: Maanmittauslaitoksen 2 m korkeusmalli 2015-2016. Kartta: Tapio Soukka, Oulu Mining School, Oulun yliopisto, 2021.



Kuva 3. Ivalojoen kulta-alue ja näytteenottopaikat. Aineisto: Maanmittauslaitoksen 2m korkeusmalli 2015-2016. Kartta: Tapio Soukka, Oulu Mining School, Oulun yliopisto, 2021.



Kuva 4. Tankavaaran, Mäkäran ja Roivaisen kulta-alueet ja näytteenottopaikat. Aineisto: Maanmittauslaitoksen 2 m korkeusmalli 2015-2016. Kartta: Tapio Soukka, Oulu Mining School, Oulun yliopisto, 2021.

4.1 Naukussuo

Geologian tutkimuskeskus teki kaksi näytelinjaa vuonna 1991 Naukussuon alueelle tarkoituksena ottaa moreeni ja rapakallio näytteitä. Näytteenotto suoritettiin illem-porakoneella ja kaikkiaan 148 moreeni- ja 124 rapakallionäytettä otettiin 68 pisteestä. Lisäksi jokaisesta pisteestä otettiin vielä 5–18 kg moreeninäyte gold hound spiraalirikastimelle. Tutkielmassa käytettävät näytteet ovat gold hound spiraalirikastimen rikasteita, jotka ovat jatkokäsitelty mikrovaskaamalla. Lopullisesta näytteestä eroteltiin mielenkiintoisimmat rakeet jatkotutkimuksiin valomikroskoopin avulla.

4.2 Kullankaivajien näytteet

Kullankaivajilta saadut näytteet ovat loppuhuuhdonnasta saatua upamateriaalia, josta on kulta erotettu pois ja PGM:t poimittu käsin tai jätetty upamateriaaliin. Vehviläisen näytteessä on näyte otettu suoraan rännistä, mikä sisältää myös alkuperäisen kullan. Myös muutamasta muusta paikasta

kuten Jäkälä-äytsiltä on näytteissä kulta jäljellä. Lisäksi Reijo Nivala antoi Miessijoen latvoilta peräisin olevia hippuja n. 1 g, Hiput on kerännyt Kullankaivaja Pekka Turkka.

5. TULOKSET

Tutkimuksessa analysoitiin yhteensä 82 raetta. Rakeista isoferroplatinaa oli 46. Pt-Pd-seoshippuja oli yksi. Hongshiittia oli 2 raetta. Os-Ir-Ru seoshippuja oli 2. Lisäksi löytyi muutamia isoferroplatinaa oletettuja Au-Hg hippuja. Isoferroplatina on vallitseva mineraali yli 1 mm rakeissa ja sperylliitti alle 1mm rakeissa. Näyttemateriaalista löytyi kullanhuuhdontalaitteista peräisin olevia metallinsiruja ja hitsauskuonaa, lisäksi esiintyi mahdollisesti toisen maailmansodan aikaisia räjähteiden jäänteitä.

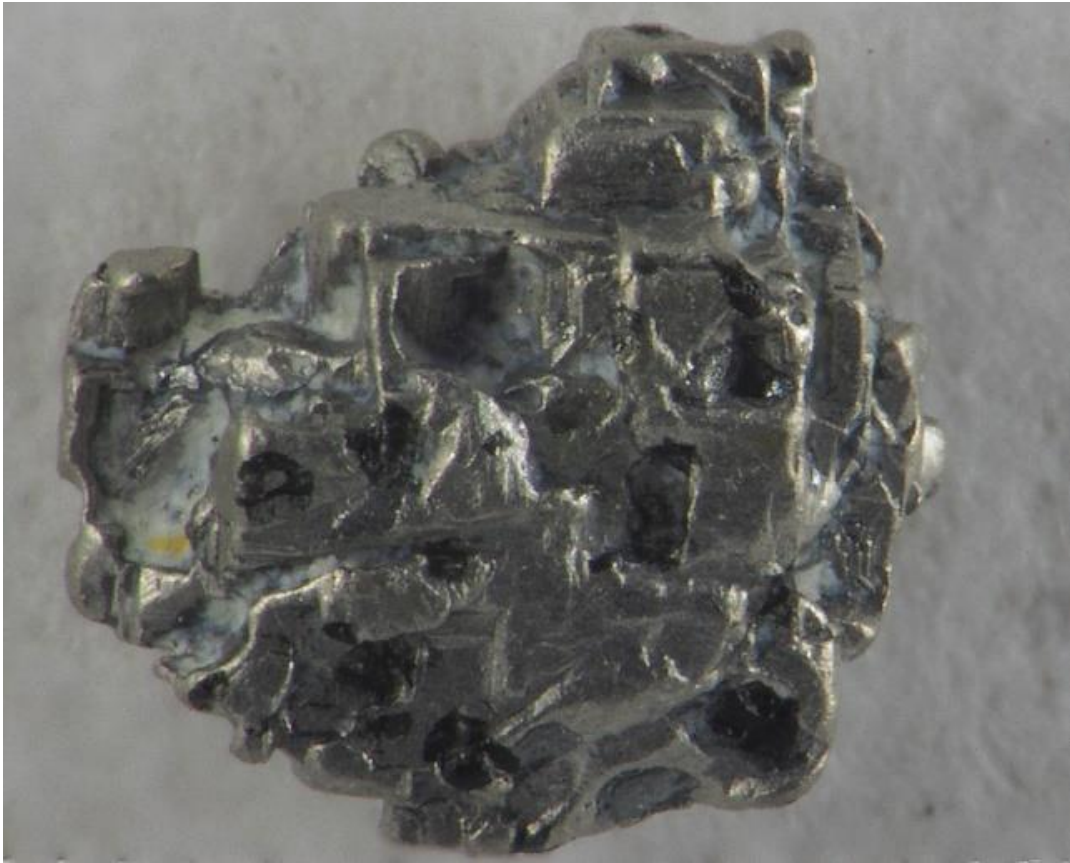
5.1 Morfologia

5.1.1 Isoferroplatina

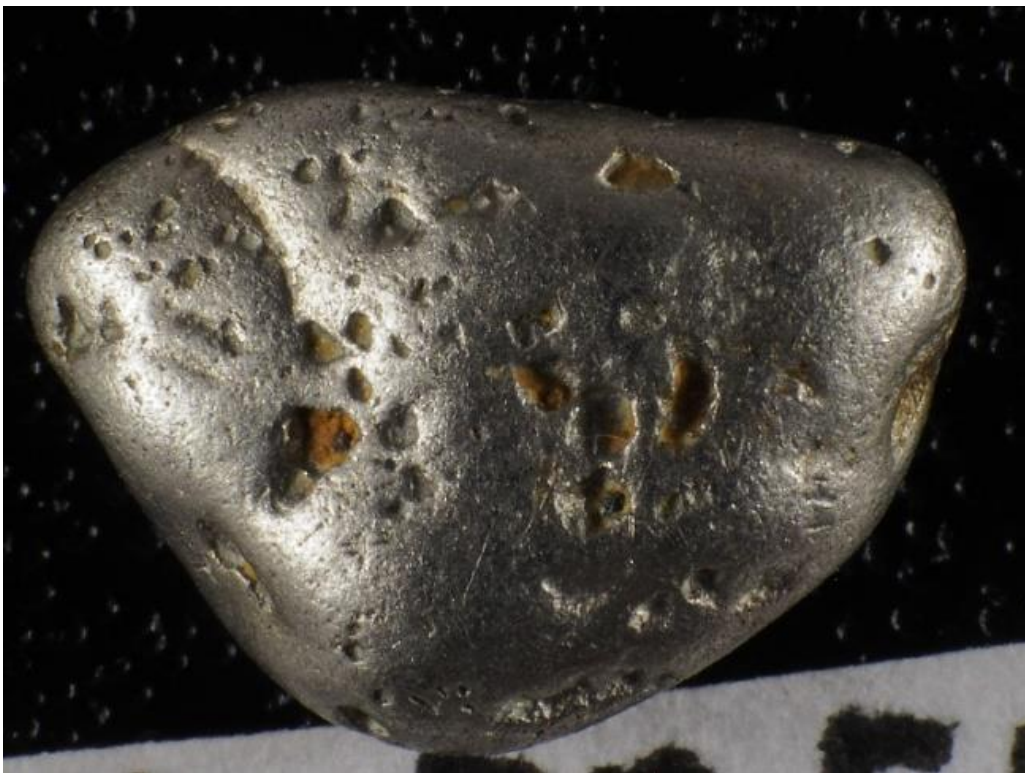
Isoferroplatinaat ovat väriltään hopean harmaita. Rakeet ovat kulmista pyöristyneitä ja niiden koko vaihtelee 0,5–1 mm välillä. Hipuissa esiintyy ulkoisesti isoferroplatina mutta osassa hippuja on mahdollista erottaa muita faaseja kuten cooperiittia ja hongshiittia. Hiput voivat olla kuoppaisia, jolloin kuoppaan on jäänyt rapaumaa lähtöaineksesta kuten valkoista kaoliniittia (kuva 6) tai punertavaa lateriittirapaumaa (kuva 7).



Kuva 5. Tyypillinen isoferroplatinahippu.



Kuva 6. Isoferroplatinahippu, jossa valkoista kaoliniittirapaumaa raoissa. Mustat läikät ovat hiiliteipin jäänteitä.



Kuva 7. Hyvin pyöristynyt isoferroplatinahippu, jossa rapaumajäänteitä koloissa.

5.1.2 Hongshiitti

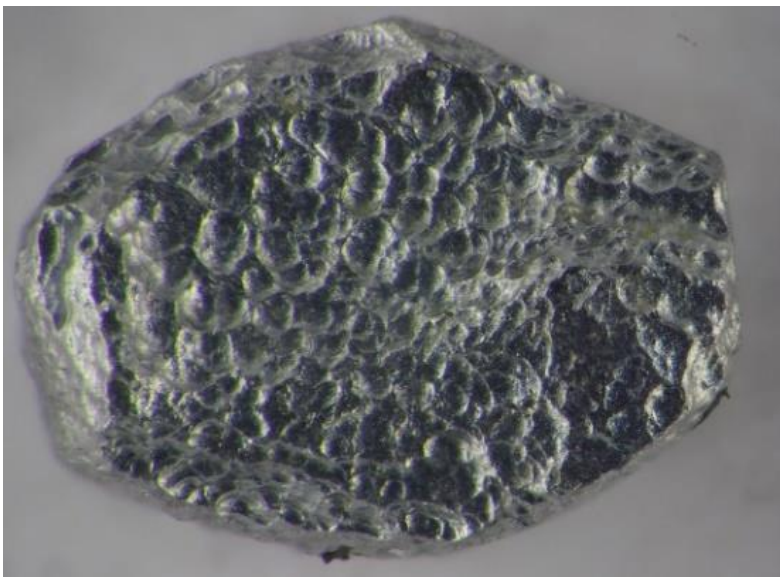
Kahdessa rakeessa esiintyi hongshiittia. Ensimmäinen rae (kuva 8) on pitkulainen kulmistaan pyöristynyt ja hongshiitti esiintyy rakeen pinnalla. Pääosa tästä rakeesta oli Pd- ja Cu-pitoista kultaa. Toinen rae on kuution muotoinen ja teräväreunainen.



Kuva 8. Kultarae, jossa esiintyy hongshiittia (harmaa)

5.1.3 Osmium

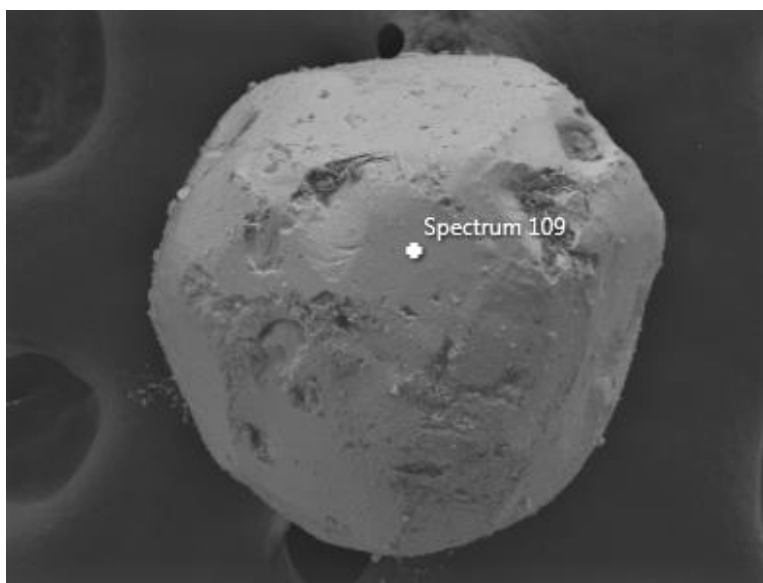
Rakeista yhdessä esiintyi osmiumia. Rakeen koko on 0,5 mm ja muodoltaan heksagoninen. Kulmat ovat hieman pyöristyneet. (Kuva 9)



Kuva 9. Osmiumrae

5.1.4 Sperryliitti

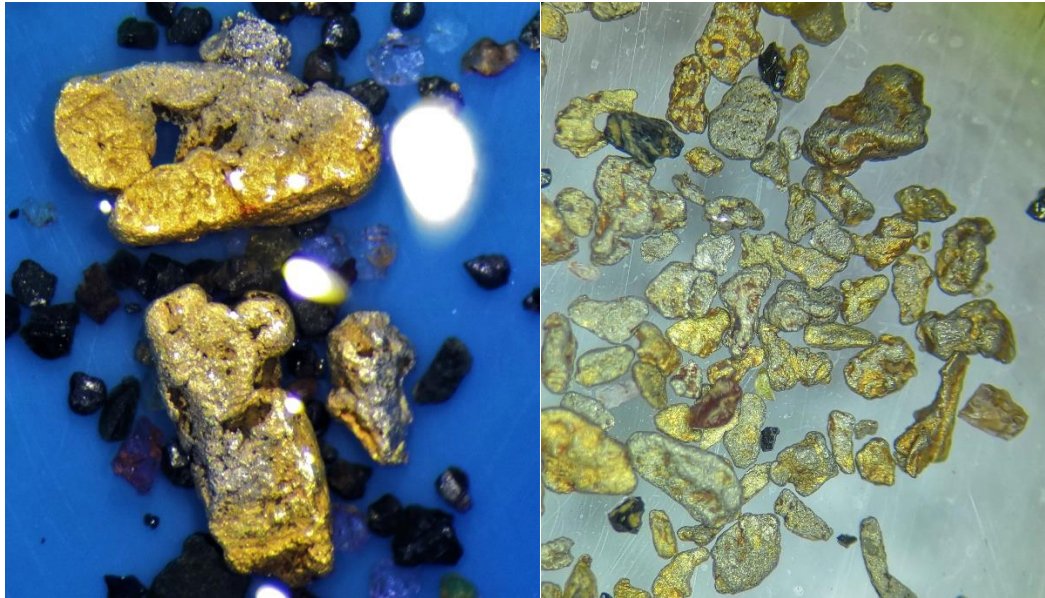
Tutkimuksessa keskityttiin isoferroplatinoiden tutkimukseen, mutta muutamia mielenkiintoisia sperryliittirakeita otettiin mukaan. Sperryliitti rakeita esiintyy kahdenlaisina ja niiden koko on noin 0,5 mm. Osa rakeista on hyvin kulumattomia ja omamuotoisia. Dodekaedrinen kidemuoto on selvästi nähtävissä (kuva 10). Toinen osa sperryliittirakeista esiintyy pyöristyneinä vierasmuotoisina hippuina, joissa ei ole nähtävissä dodekaedrasta kidemuotoa. Pyöristyneiden sperryliittirakeiden sisustassa on vaaleaa kaoliniittia.



Kuva 10. Omamuotoinen sperryliittirake.

5.1.5 Au-Hg

Kulta-elohopea-seoshippuja esiintyi Sotajoen ja Miessijoen materiaalissa paljon. Löytäjät ovat tulkinneet hiput platinahipuiksi, mutta EDS-analyysi todensi rakeet Au-Hg-seoshipuiksi ja weishaniittihipuiksi. Hiput koostuvat kullasta ja elohopeasta. Elohopeahiput ovat väriltään kirkkaan hopean ja kullan värisiä ja pyöristyneitä (Kuva 11). Osa hipuista on huokoisia rakenteeltaan.



Kuva 11. Vasemmalla Ivalojoen kulta-alueelta löytyneitä Au-Hg hippuja. Oikealla Lemmenjoelta löytyneitä Au-Hg hippuja. ruskea aines hippujen pinnassa on kultahipuille tyypillistä lateriittirapaumaa.

5.2 Päämineraalien koostumus ja sulkeumat

Päämineraaleina esiintyi isoferroplatinaa ja sperryliittiä. Päämineraalilla tarkoitetaan mineraalia, joka on vallitseva faasi hipussa ja jossa sulkeumat esiintyvät. Tutkimuksessa keskityttiin isoferroplatinoitten tutkimiseen. Tekstissä annetut mineraalikaavat ovat keskikoostumuksia.

5.2.1 Isoferroplatina-tetraferroplatina Pt_3Fe

Näyttemateriaalista analysoitiin 46 isoferroplatina- tai tetraferroplatinahippua $Pt_{2,9}Fe_{0,98}$. Hipuista osa sisältää Os-Ru-Rh-Ir-S-sulkeumia, joista tarkempi kuvaus on myöhemmin. Vuijemi 14 rakeessa esiintyy rodium-pitoista isoferroplatinaa (liite 3 A spectrum 1/41, 59, 106). Rakeessa isoferroplatinan reuna on hieman kuparipitoinen.

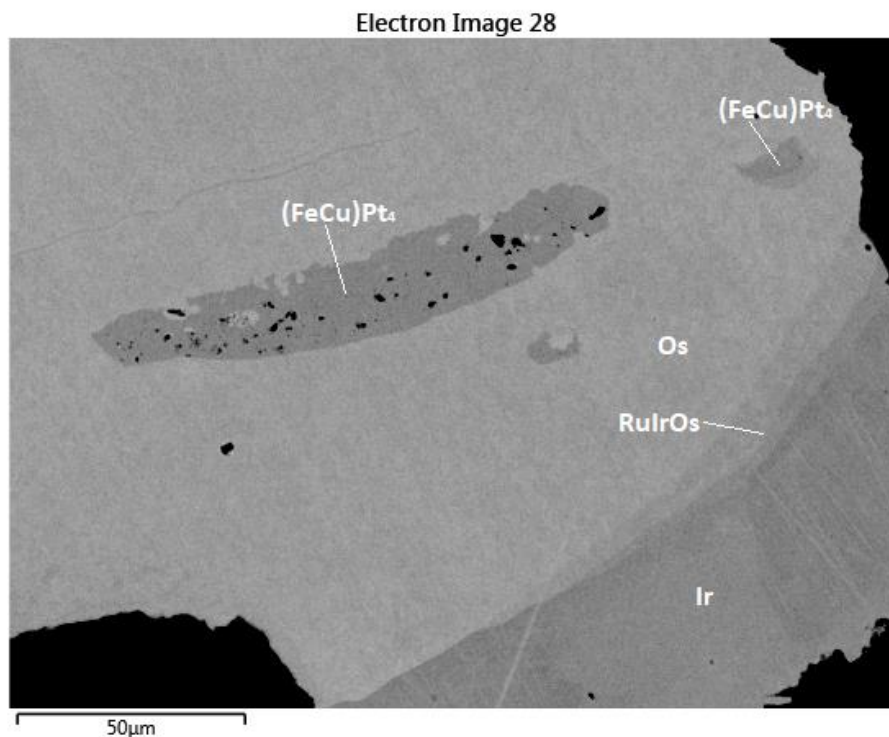
Kupari pitoisia isoferroplatinahippua esiintyy Puskuollikainen 1 (liite 3A spectrum 1/137-), Miessiollila 11 (liite 3A 3/127), Vuijemi 1 (liite 3A 4/175), Merel 14, (liite 3A 7/39, 51). Rakeissa kupari näyttää korvaavan rautaa.

5.2.2 Sperryliitti $PtAs_2$

Sperryliittiä esiintyi näyttemateriaalissa paljon. Mineraali $(Pt_{1,02}As_{1,98})_{\Sigma 3,00}$ esiintyy omamuotoisina rakeina ja hieman pallomaisina pyörityneinä rakeina (kuva 10). Luh 2 rakeessa sulkeumina sperryliitissä on kaoliniittia (liite 3R spectrum 6/222). Merel 14 rakeessa sperryliitin yhteydessä esiintyy Cu-Zn mineraalia tongxiniittia. Pyörityneisiin rakeisiin liittyi vaaleaa kaoliniittia. Mineraali esiintyi rakeiden sisässä ollen valkoista tai ruskeaa väriltään. Sperryliittiä esiintyy pienenä sulkeumana cooperiittivaltaisessa sulkeumassa Vuijemi 14 rakeessa (liite 3F 1/83).

5.3 Sulkeumafaasien kuvaus

Isoferroplatinat sisälsivät vaihtelevasti erilaisia sulkeumia. Sulkeumilla tarkoitetaan päämineraalin sisällä esiintyvää mineraalia, joka voi esiintyä omamuotoisena, vierasmuotoisena, pisarana, suotaumana ja suuntautuneena.



Kuva 12. Puskuollikainen 1 rae, Vaaleampi osa rakeesta on osmiumia joka vaihtettuu iridiumiksi. Osmiumin ja iridiumin välissä on Ru-Os-Ir-seosta.

5.3.1 Osmium

Osmiumia esiintyy monifaasisessa Puskuollikainen 1 rakeessa (kuva 12) $(Ru_{0,10}Ir_{0,36}Os_{0,53})_{\Sigma 0,99}$. Mineraali on yksi rakeen päämineraaleista. Kuvassa rae vaihtuu vyöhykkeellisesti Ru- ja Pt-rikkaaksi iridiumiksi. Vyöhykkeissä edettäessä vaaleasta osmiumista sen Ru- ja Pt-pitoisuus nousee edetessä kohti iridiumia. Osmiumissa on Fe-Cu-Pt-mineraalia sulkeumina (liite 3B spectrum 1/113).

Miessiollila 9 Rakeessa osmium esiintyy pitkinä sulkeumina. Mineraali koostuu vain osmiumista ja iridiumista (liite 3B spectrum 3/21). Miessiollila 11 rakeessa osmium esiintyy yhdessä iridiumin kanssa (liite 3B spectrum 3/124-).

Zellbergin muori 1 rakeessa osmiumia esiintyy kahdessa hyvin vaaleassa pitkulaisessa sulkeumassa $(Ir_{0,35}Os_{0,65})$ (liite 3B spectrum 4/236–238).

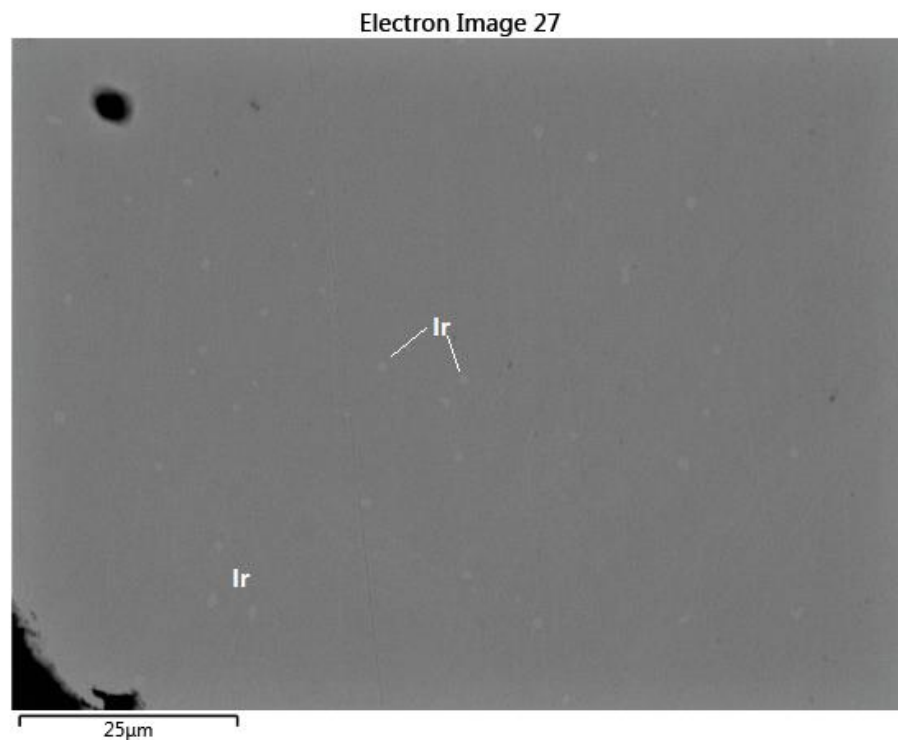
Marjakangas 84 rakeessa osmium esiintyy rutenium sulkeuman laidalla, monifaasisen sulkeuman keskellä. Samassa sulkeumassa tavataan myös ruteniumia $(Os_{0,51}Ir_{0,17}Ru_{0,15}Rh_{0,07})$ (Liite 3B, spectrum 5/239, 240).

Vehvi29 rakeessa osmium esiintyy pieninä pitkulaisina suotaumina. Suotaumien pituus on 20 μm ja leveys muutaman mikrometrin (Liite 3B spectrum 7/111, 112).

Luh 3 rakeessa osmium esiintyy rutheniridosminiitti rakeen reunalla ($Os_{0,58}Ir_{0,41}$) (liite 3B spectrum 6/184).

Merel 6 rakeessa osmium on päämineraali (Liite 3B spectrum 7/200).

Vuijemi 8 rakeessa esiintyy osmiumia pitkinä suotaumarakeina. Samassa rakeessa esiintyy irarsiittia ja kristallografisesti suuntautuneita lauriittisuotaumia (spectrum 5/134, 136).



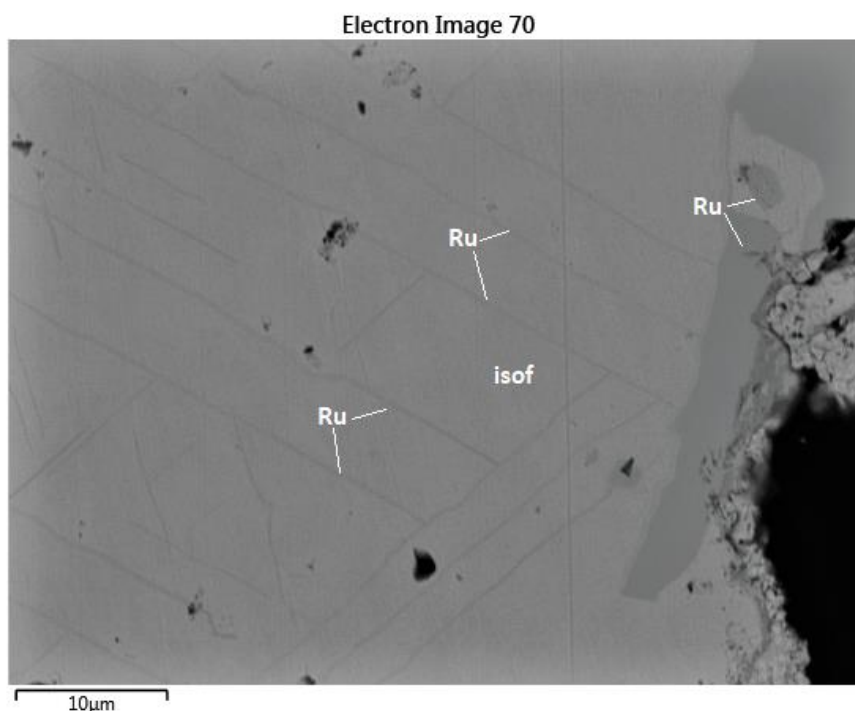
Kuva 13 Pisaramaisia Iridium sulkeumia Ivalojoki-imurimies 3 hipussa

5.3.2 Iridium

Iridiumia esiintyy Puskuollikainen 1 rakeessa yhdessä osmiumin ja rutheniridosminiitin kanssa (kuva 12) ($Ir_{0,54}Os_{0,21}Ru_{0,12}Pt_{0,14}$) $_{\Sigma 1,01}$. Iridiumin koostumus vaihtelee ja sisältää platinaa, ruteniumia ja osmiumia. Platinapitoisuus on korkeampi, kun iridiumin pitoisuus on pieni (Liite 3B Spectrum 1/115).

Miessiollila 11 esiintyy iridiumia osmium sulkeuman keskellä. Osmiumissa esiintyy pieninä pitoisuuksina myös ruteniumia (Liite 3B spectrum 3/126).

Ivalojoki-imurimies 3 rakeessa iridium esiintyy pieninä pisaramaisina sulkeumina isoferroplatinassa (kuva 13). Sulkeumien koko on noin 3 μm ($Ir_{0,65}Os_{0,29}$) (liite 3B, spectrum 5/89, 90 91).



Kuva 14. Ruteniumsuotaumia Marjakangas 84 rakeessa.

5.3.3 Rutenium

Vuijemi 14 rakeessa rutenium esiintyy vyöhykkeellisinä vierasmuotoisina ja pitkulaisina sulkeumina ($Ru_{0,62}Ir_{0,18}Os_{0,13}Rh_{0,07}$). Rutenium on korkeampi vyöhykkeen reunalla. Sulkeumat ovat hieman rapautuneet ja ovat kristallografisesti orientoituneita. Osassa ruteniumsulkeumia esiintyy myös hieman rodiumia (liite 3B spectrum 1/70–72).

Vuijemi 32 isoferroplatina rakeessa esiintyy ruteniumia sulkeumat ovat koostumukseltaan hyvin lähellä Os-Ir-Ru systeemin invarianttipistettä (kolmoispistettä) (Liite 3B spectrum 2/28, 30, 31, 37, 39).

Marjakangas 84 rakeessa esiintyy ruteniumia hyvin ohuina ja pitkinä kristallografisesti suuntautuneina suotaumina. Osmiumin ollessa pienimmillään on rutenium pitoisuus suurimmillaan ($Ru_{0,55}Ir_{0,20}Os_{0,12}Rh_{0,04}$)_{0,91} (Liite 3B spectrum 5/202).

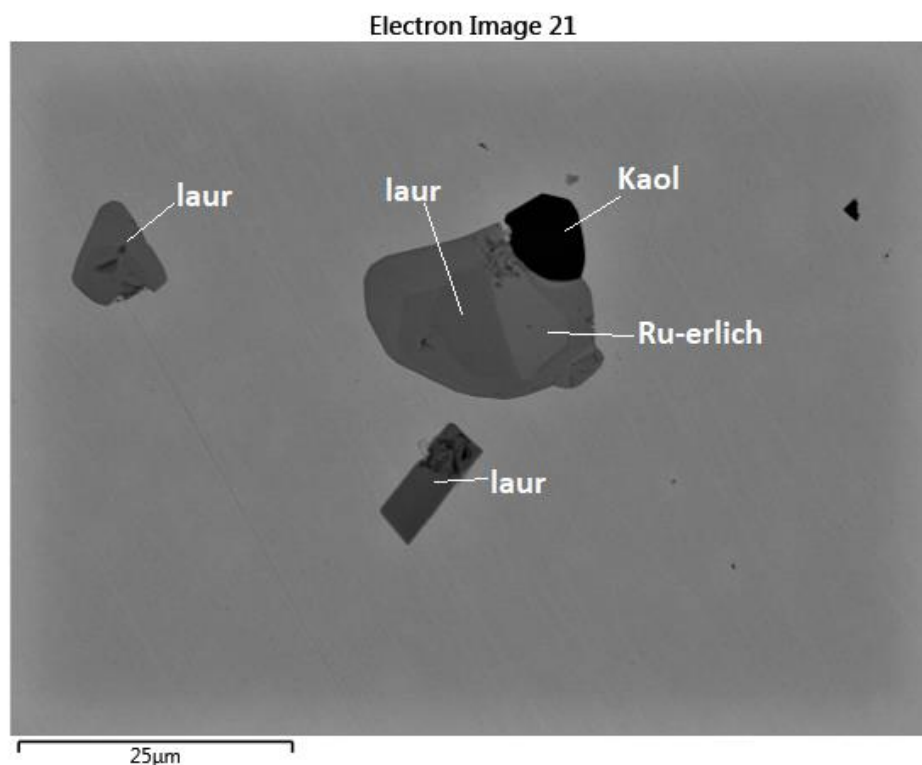
Vehvi 57 rakeessa rutenium esiintyy pitkinä 50 μm sulkeumina (liite 3B spectrum 7/207–214, 225, 226, 228–234). Rutenium sulkeuman ovat vyöhykkeellisiä ja rutenium pitoisuus pienenee sulkeuman reunoille edetessä. Sulkeuman keskellä esiintyy rodarseniittia (liite 3L spectrum 7/215)

5.3.4 Rutheniridosminiitti

Täydellistä Rutheniridosminiittia ei tavattu rakeissa mutta ionisuhteet, joissa Os-Ir menevät hyvin lähelle toisiaan kutsutaan tässä tapauksessa rutheniridosminiitiksi. ($Os_{0,44}Ir_{0,39}Ru_{0,17}$) esiintyy Osmiumin ja iridiumin välissä Puskuollikainen 1 rakeessa. Mineraali on vyöhykkeessä. (Liite 3B spectrum 1/123, 126)

Marjakangas 84 rakeessa (Liite 3 B) mineraalia esiintyy yhdessä ruteniumin ja osmiumin kanssa. (Liite 3B spectrum 5/239, 240)

Rakeessa Luh 3 esiintyy rutheniridosminiitti rae ($Ir_{0,39}Os_{0,38}Ru_{0,17}$). Samassa rakeessa on myös Osmium ja iridiumsulkemia (liite 3B spectrum 183,186)



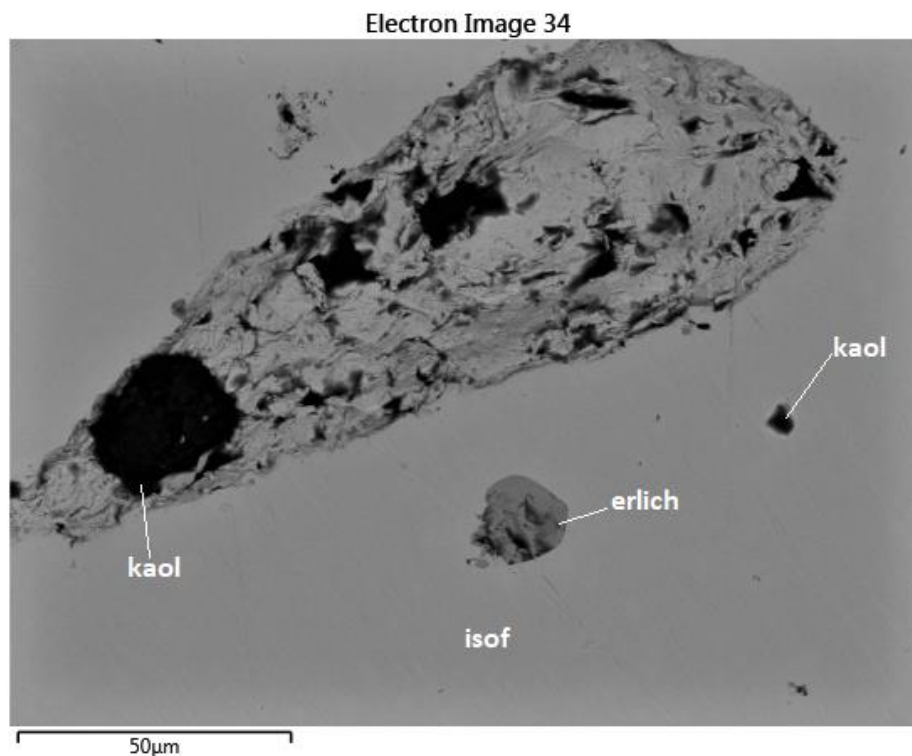
Kuva 15. Vyöhykkeellinen lauriitti-erlichmaniitti sulkeumia Miessiollila rakeessa (liite 3C spectrum 56–62,83,84).

5.3.5 Lauriitti RuS_2

Yleisin sulkeumamineraali on lauriitti ($Ru_{0,76}Os_{0,13}Ir_{0,04}\Sigma_{0,95}S_{2,07}$). Mineraali muodostaa vyöhykkeellisiä omanmuotoisia sulkeumia isoferroplatinassa. Lauriitti sulkeuman sisus on yleensä osmiumrikkaampaa vaihettuen ruteniumrikkaamaksi reunoilta. Sulkeumien koko vaihtelee 10-25 µm välillä. Lauriitti sulkeumat muodostavat kristallografisesti orientoituneita jonoja platinahippuihin. Vuijemi 14 Rakeessa lauriitti muodostaa kristallografisesti orientoituneita suotaumia, osassa rakeissa on rutenium sisus (liite 3C spectrum 1/82, 1/107). Tarkasteltaessa hippua lauriittia esiintyy seuraavissa rakeissa. Analyysit lauriitti-erlichmaniitti sulkeumista on esitetty liitteessä 3C.

Vuijemi 6(spectrum 1/12-) Vuijemi 14 (1/43-), Miessiollila (2/44-) Miessiollila 10 (3/29-), Miessiollila 5 (spectrum 4/98), Miessiollila 18 (4/83-), Miessiollila 12 (160-164), Vuijemi 9 (4/189-), Vuijemi 5 (4/200-202), Vuijemi 3 (4/213-214), Zellbergin muori 1 (4/219-), Raahen pirtti 2 (5/32), Ivalojoki imurimies 2 (5/77-), Vuijemi 8 (8/140-), Vuijemi 28 (5/151), Vuijemi 33 (5/167-), Marjakangas 98 (5/181-), Marjakangas 84 (5/217-), Luh 4 (6/179-), Merel 20 (6/281-), Vehvi 107

(2) (7/99-109), vehvi 34 (7/241-), Vehviläinen 21 (7/291), Vehviläinen 24 (7/304), Vehviläinen 15 (7/314)

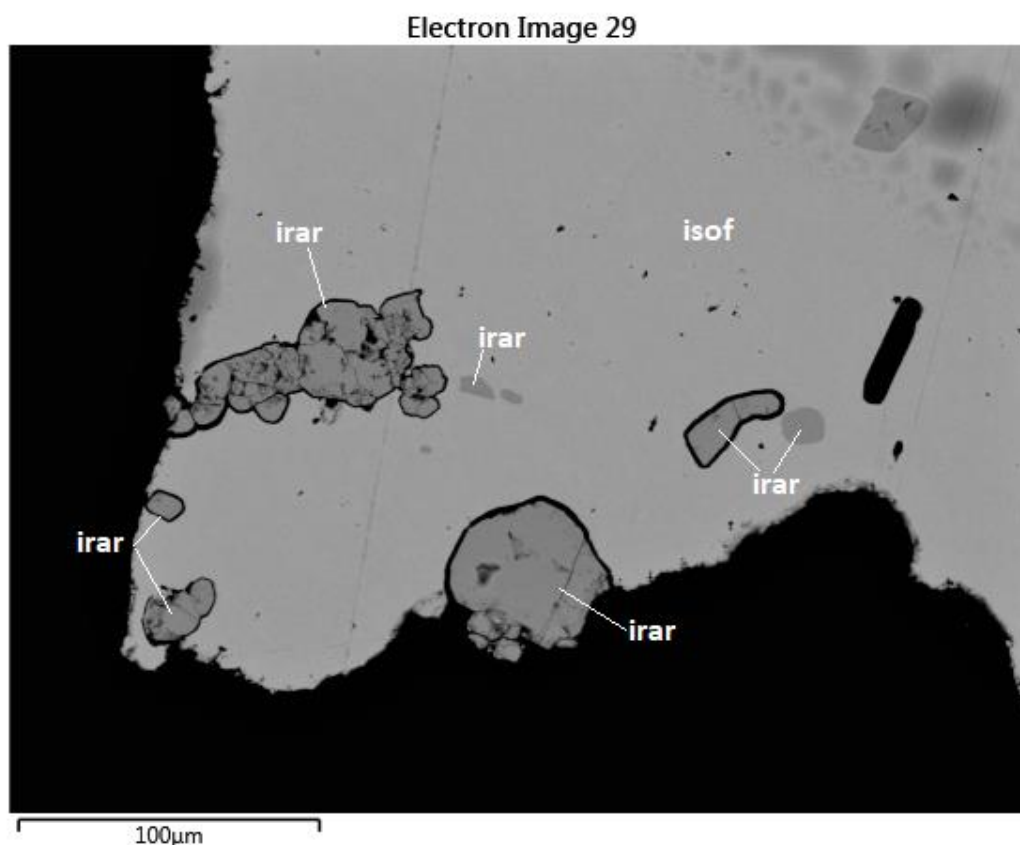


Kuva 16. Omamuotoinen erlichmaniitti sulkeuma isoferroplatinassa Vuijemi 2 rakeessa (Liite 3C, spectrum 129–134).

5.3.6 Erlichmaniitti OsS_2

Mineraali esiintyy yhdessä lauriitin kanssa vyöhykkeellisissä sulkeumissa. Kooste erlichmaniitti sulkeumista on liitteessä 3C. Sulkeumat ovat omanmuotoisia ja erlichmaniitti ($\text{Os}_{0,63}\text{Ru}_{0,16}\text{Ir}_{0,08}\text{S}_{1,93}$) esiintyy niissä vaaleampana keskellä. Sulkeumat ovat noin 20 µm pituisia ja omanmuotoisia. Merel 3 rakeessa erlichmaniitti ($\text{Os}_{0,71}\text{Ru}_{0,14}\text{Ir}_{0,10}\text{S}_{2,05}$) sulkeumat ovat noin 100 µm kokoisia. Rakeissa on hyvin suuria koostumusvaihteluita ruteniumin ja osmiumin välillä.

Kooste erlichmaniitti sulkeumista on esitetty liitteessä 3C. Mineraalia esiintyy seuraavissa rakeissa Miessiollila 5 (spectrum 2/95,96), -8 (3/153), -10 (57), ja -18 (4/85-), Vehvi 15 (7/318), 107 (7/82), Vuijemi 2 (2/134.136), Merel 3 (6/42-), Zellberginmuori 2 (5/10), Ivalojoki-imurimies 2 (5/73), Korpikoski Palsinsivu 2 (5/113).



Kuva 17. Irarsiitti sulkeumia Miessiollila 3 rakeessa (liite 3D, spectrum 94–96, 98–102).

5.3.7 Irarsiitti (Ir, Ru, Rh, Pt,)AsS

Irarsiitti on hyvin yleinen sulkeuma mineraali($Ir_{0,69}Pt_{0,0,9}Rh_{0,05}$) $\Sigma_{0,84}As_{0,9}S_{1,1}$ Mineraalia tavataan seuraavissa rakeissa: Imurimies Ivalojoki 6 (liite 3D spectrum 2/18), Miessiollila 3 (2/94-), Miessiollila 8 (3/155,157), Miessiollila 6 (4/14-), Miessiollila 18 (4/89-), Vuijemi 3 (4/212, 216), Raahenpirtti 2 (5/29-), Ivalojoki imurimies 2 (5/76), Vuijemi 8 (5/137), 139), vuijemi 30 (5/160-), Merel 3 (6/57), Luh 2 (6/196-), Merel 20 (6/276-), Vehviläinen 21(7/297-)

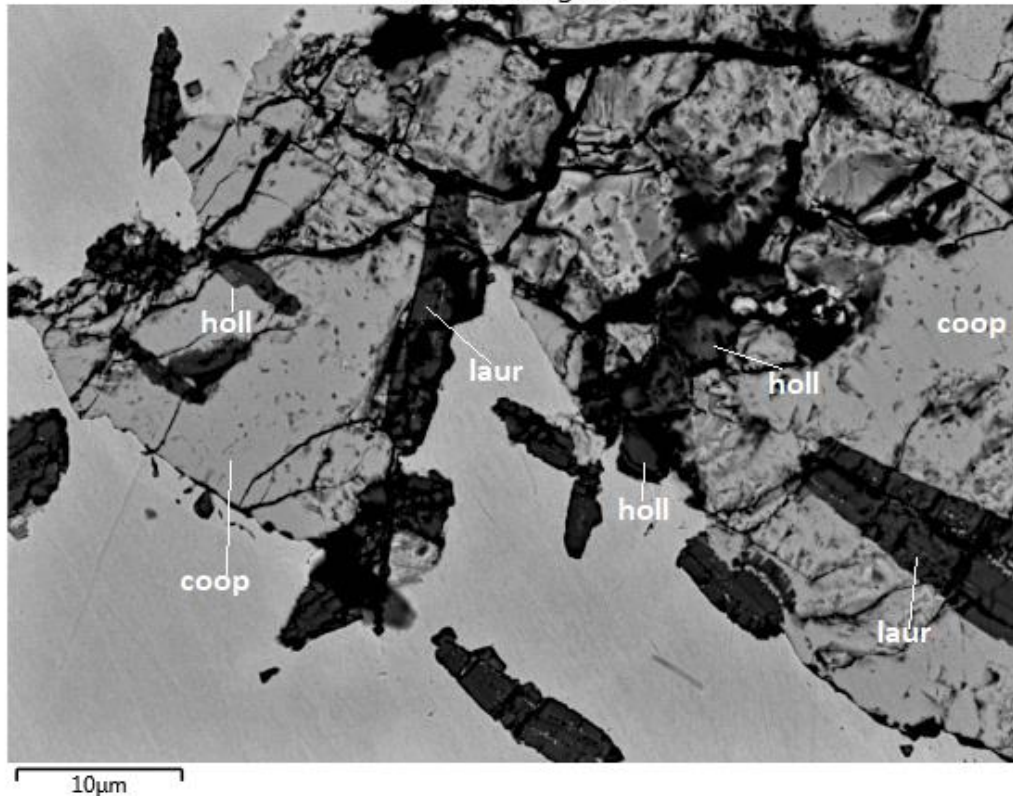
Miessiollila 3 rakeessa irarsiitti sulkeumia ympäröi titaanioksidi kehä (kuva 17).Rodiumpitoisuus vaihtelee hyvin paljon. Selvästi Rh-rikkaita ($Ir_{0,67}Rh_{0,26}Ru_{0,07}$) $\Sigma_{0,90}As_{0,9}S_{1,1}$ irarsiittia tavattiin seuraavissa rakeissa Luh 2 (liite 3D spectrum 6/212), vuijemi 8 (5/137), Raahenpirtti 2 (5/61), Miessiollila 18 (4/91) ja 8 (3/155).

Vuijemi 30 rakeessa irarsiitti on kristallografisesti orientoitunut (Liite 3Dspectrum 5/160-).

Merel 20 rakeessa esiintyi yksi sulkeuma ruarsiittia minkä ionisuhteet ovat hyvin lähellä irarsiittia(liite 3D spectrum 6/278).

Miessiollila 16 rakeessa esiintyi yksi rae platarseniittia keskellä vyöhykkeellistä sulkeumaa(liite 3D spectrum 3/149).

Electron Image 23



Kuva 18. Hollingworthiittia cooperiitti sulkeumassa. (Vuijemi 14, liite 3D, spectrum 88–90).

5.3.8 Hollingworthiitti (Rh, Pt, Pd) AsS

Vuijemi 14 hollingworthiitti esiintyy sulkeumana cooperiittivaltaisessa sulkeumassa isoferroplatinassa. Sulkeuma on kooltaan 5 mikronia ja seuralaismineraaleina esiintyy hyvin iridium rikas hollingworthiitti ja lauriittia($(Rh_{1,0}Pt_{0,05}As_{0,87}S_{1,08})$) (Liite 3 D Spectrum 1/88.).

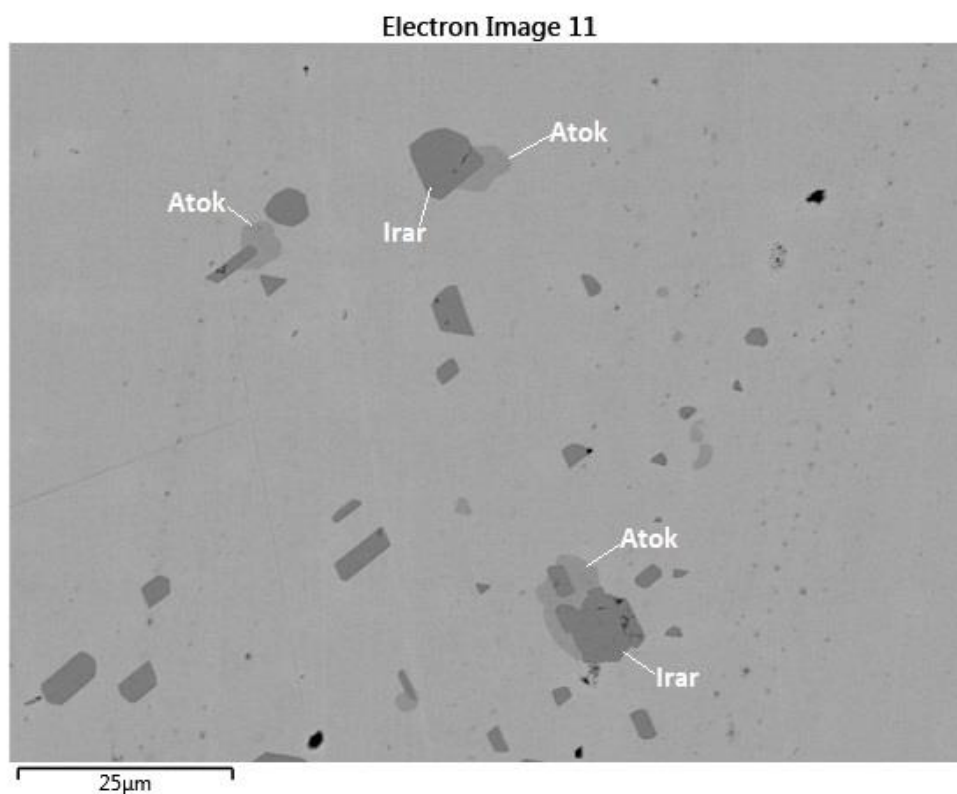
Luh2 rakeessa hollingworthiitti esiintyy vyöhykkeellisissä sulkeumissa. Vyöhykkeessä sisus on irarsiittia ja ulompi kerros hollingworthiittia tai rodiumpitoista irarsiittia. Suuret sulkeumat ovat omanmuotoisia ja pienemmät vierasmuotoisia. Suurempien sulkeumien koko on 50 mikronia ja pienempien 10 mikronia(Liite 3D 2/197-).

5.3.9 Braggiitti, cooperiitti PtS

Cooperiittia esiintyy monissa monifaasisissa rakeissa. Kooste cooperiitti sulkeumista on esitetty liite 3E osiossa. Rakeissa se muodostaa reunoille sulkeumia. Merel 3 rakeessa cooperiitti esiintyy yhdessä kashiniitin kanssa symplektiittisessä sulkeumassa (Liite 3E Spectrum 6/60).

Vuijemi 14 cooperiittia on rakeen reunojen lähellä. Mineraali on hieman rapautunut ja esiintyy yhdessä lauriitin ja hollingworthiitin kanssa ($Pt_{1,06}S_{0,94}$) (Liite 3E spectrum 1/69).

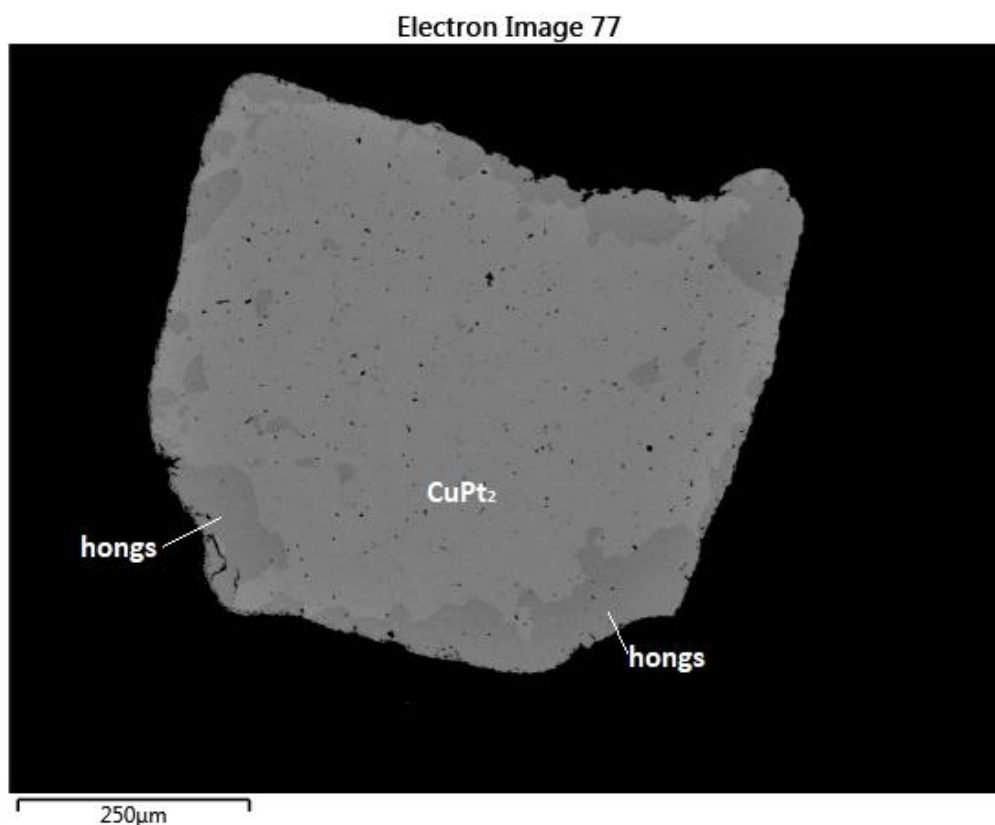
Vehvi 34 rakeessa cooperiitti sijaitsee rakeen reunoilla yhdessä kuproiridisiitin kanssa ($Pt_{0,97}S_{1,03}$) (Liite 3E 7/277, 279).



Kuva 19. Atokiitti (atok) ja irarsiitti (irar) sulkeumia Miessiollila 6 rakeessa (liite 3G spectrum 4/16-).

5.3.10 Atokiitti (Pt,Pd)₃Sn

Miessiollila 6 rakeessa atokiittia esiintyy pisaran muotoisina sulkeumina (kuva 19). Sulkeumat ovat kooltaan 8 μm. Atokiitin yhteydessä esiintyy myös Rh-pitoista irarsiittia, joko liittyneenä sulkeumaan tai erillisinä omamuotoisina sulkeumina. Päämineraali rakeessa on isoferroplatina. Yhteenveto atokiitti sulkeumista on esitetty liitteessä 3 G ($Pd_{1,59}Pt_{1,39}\Sigma_{2,98}Sn_{1,0}$) (liite 3G spectrum 4/16-).



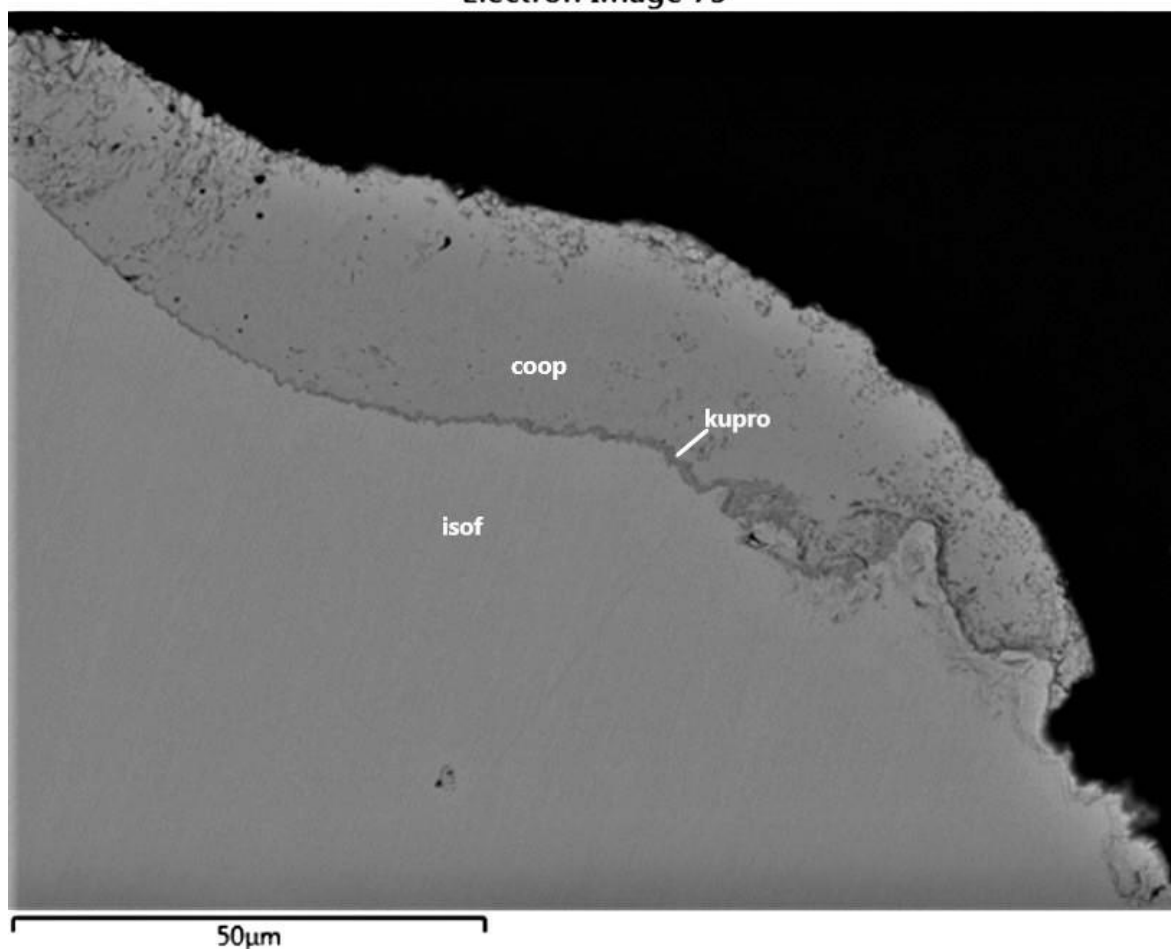
Kuva 20. Marjakangas 99. Rakkeessa reunoilla esiintyy hongshiittia (hongs) ja rakeen keskellä nimeämätöntä CuPt-mineraalia (liite 3H spectrum 249-).

5.3.11 Hongshiitti CuPt ja nimeämätön mineraali Pt_2Cu

Marjakangas 99 rakeessa esiintyy kahdenlaisia kupari-platina mineraaleja hongshiittia ja nimeämätöntä CuPt-mineraalia ($Pt_{2,0}Cu_{1,0}$) (kuva 20). Hongshiitti muodostaa sulkeumia rakeen reunoille, kun taas CuPt-mineraali esiintyy vallitsevana rakeen keskellä (liite 3 H spectrum 249-) (liite 3 Q spectrum 250-).

Merel 1 rakeessa esiintyy hongshiittia sulkeumina Pd-Cu-Au seoksessa. Sulkeumat ovat suuntautuneet läpi rakeen. Rakeessa on kultaa enemmän kuin palladiumia. Hongshiitti on stokiometrinen ($Au_{3,06}Cu_{0,67}Pd_{0,27}$) (liite 3H spectrum 6/109).

Electron Image 75



Kuva 21 Kuproiridsiitti suotauma, cooperiitin ja isoferroplatinan välissä. coop= cooperiitti, kupro=kuproiridsiitti, isof= isoferroplatina

5.3.12 Kuproiridsiitti $\text{Cu}(\text{Rh,Pt,Ir})_{\Sigma 2}\text{S}_4$

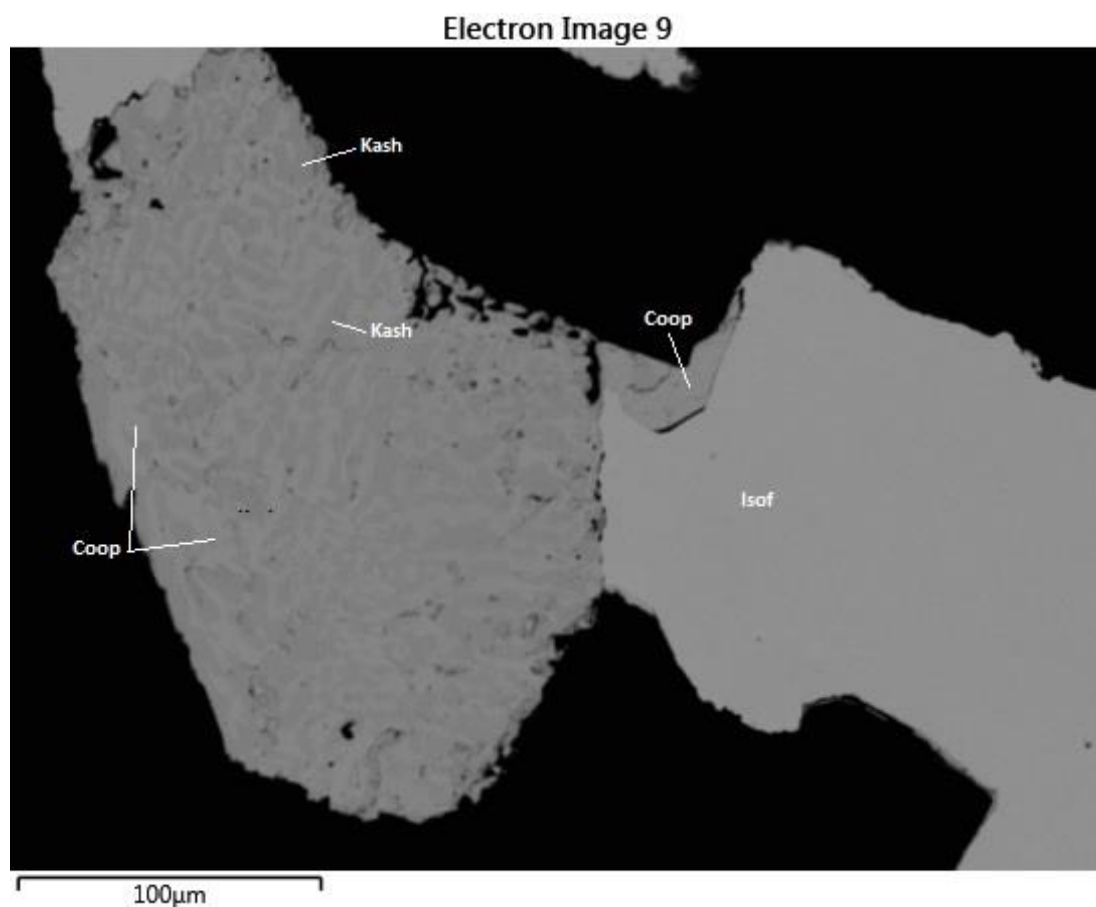
Merel 12 Rakeessa esiintyy 100 µm pisan muotoinen kuproiridsiitti isoferroplatinassa (Liite 3I spectrum 6/5)

Merel 20 esiintyy yksi 70µm pisan muotoinen kuproiridsiitti sulkeuma. Sulkeumasta lähtee kaksi hyvin pitkää suotaumaa, jotka ovat kristallografisesti orientoituneita (Liite 3I spectrum 6/284).

Kuproiridsiitti esiintyy pienenä juonena cooperiitin ja isoferroplatinan välissä Vehvi 34 rakeessa. Rakeen päämineraali on Isoferroplatina (kuva 21). Vehviläinen 15 rakeessa kuproiridsiitti esiintyy hieman omamuotoisina sulkeumina. Sulkeumat ovat hieman syöpyneitä reunoilta. Kaikkiaan rae sisältää 9 isompaa sulkeumaa ja monta pienempää ($\text{Cu}_{0,96}(\text{Rh}_{0,16}\text{Pt}_{0,44}\text{Ir}_{1,38})_{\Sigma 1,98}\text{S}_{4,00}$) (Liite 3I spectrum 7/260-).

Merel 3 rakeessa esiintyy pitkulaisia Kuproiridsiitti sulkeumia. Sulkeumat ovat kristallografisesti suuntautuneet ja ovat kooltaan 50 µm (liite 3I, spectrum 74-) ($\text{Cu}_{1,05}(\text{Pt}_{0,59}\text{Ir}_{1,32})_{\Sigma 1,91}\text{S}_{4,00}$).

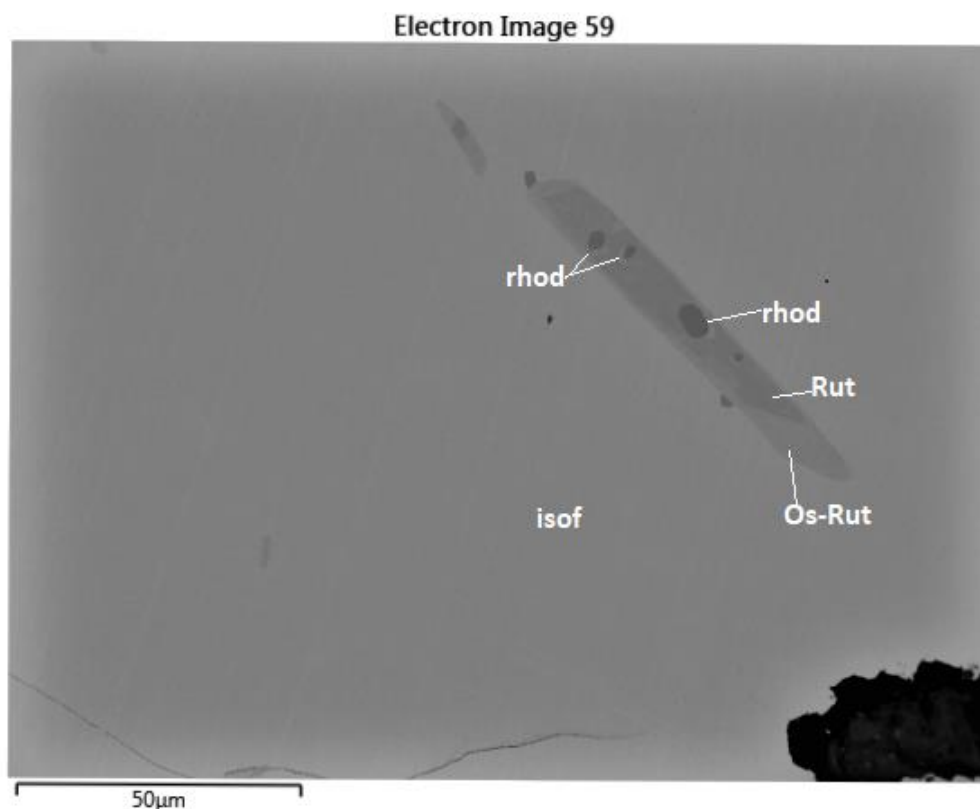
Vehviläinen 15 rakeessa esiintyy kuproiridsiitti omamuotoisina rakeina. Sulkeumat ovat kooltaan. 100 µm ja ovat reunoiltaan hapertuneita. sulkeumat ovat kristallografisesti orientoituneita (Liite 3I spectrum 315).



Kuva 22 Symplektiittinen cooperiitti-kashiniitti sulkeuma isoferroplatinassa. Vaaleat juovat cooperiittia ja tummat juovat kashiniittia. Coop= cooperiitti, Kash=kashniitti, Isof=isoferroplatina (liite 3J, spectrum 6/34-).

5.3.13 Kashiniitti Ir_2S_3

Kashiniitti esiintyy symplektiittisenä sulkeumana yhdessä cooperiitin kanssa Merel 3 rakeessa. Rakeen päämineraali on isoferroplatina. Yhteensä rakeessa on 4 symplektiittistä kashiniitti sulkeumaa. Kashiniitti sullkeumat ovat hieman rodiumpitoisia. Rakeessa esiintyy myös erlichmaniittia, cooperiittia, malaniittia ja iridiumia. Kooste kashiniitti sulkeumista on esitetty liitteessä 3J($\text{Rh}_{0,11}\text{Ir}_{1,84}\text{S}_3$) (liite 3J, spectrum 6/34-).



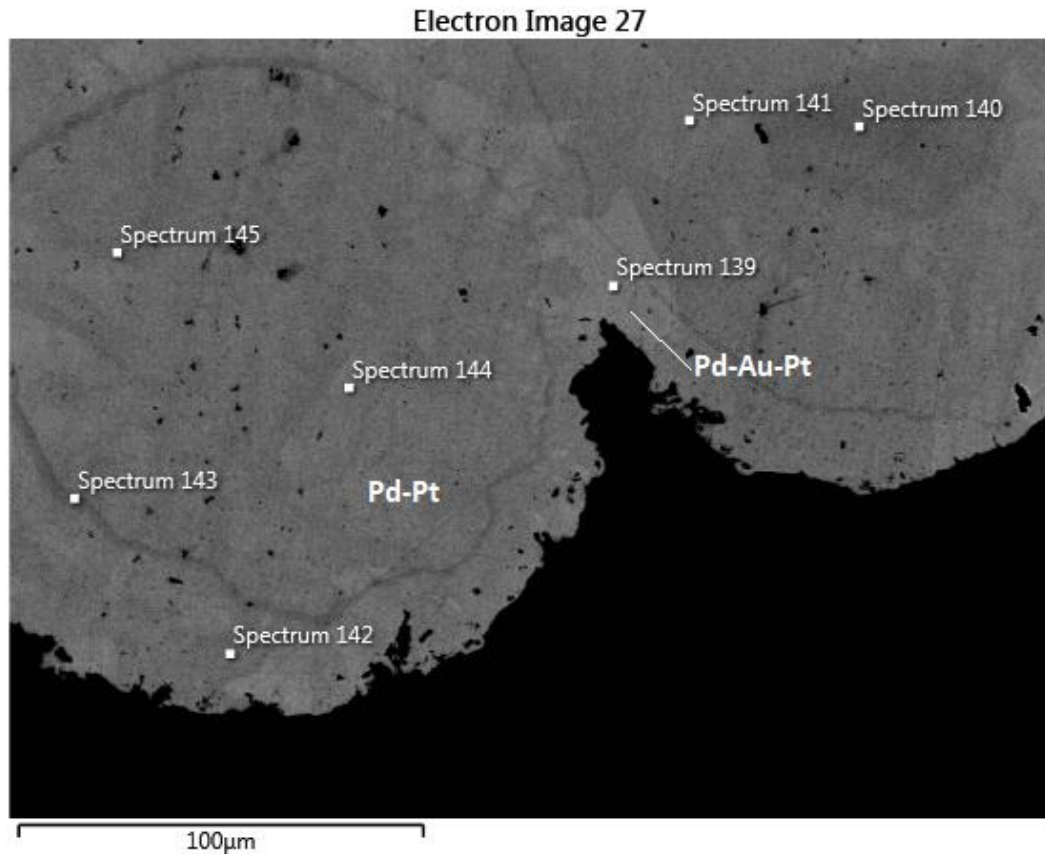
Kuva 23. Rodarseniitti sulkeuma rutenium sulkeumassa. Vyöhykkeellistä sulkeumaa ympäröi isoferroplatina. (Vehvi 57, liite 3L, spectrum 7/715)

5.3.14 Rodarseniitti (Rh, Pd)₂As

Mineraali esiintyy vehvi 57 ja marjakangas 84 rakeissa. Kooste Rodarseniitti sulkeumista on esitetty liitteessä 3L.

Vehvi 57 rakeessa sulkeuma on pitkulainen, hieman omanmuotoinen ja vyöhykkeellinen. Rodarseniitti esiintyy pieninä omamuotoisina sulkeumina keskellä vyöhykettä. Sulkeuma koostuu ruteniumista minkä pitoisuus on suurin keskellä. Ruteniumin osmium pitoisuus kasvaa sulkeuman reunalla. Mineraalin koko on noin 10 μm ja koko sulkeuman pituus on 70 μm. Rakeen päämineraali on isoferroplatina (Liite 3L spectrum 7/215) $(Rh_{1,33}Pd_{0,48}Ru_{0,07})_{\Sigma 1,88}As_{1,05}$.

Marjakangas 84 rakeessa rodarseniitti esiintyy pitkulaisena sulkeumana yhdessä rutenium-sulkeuman kanssa. Rakeessa on suotauma rakennetta, jotka koostuvat Rh-pitoisista Ru-Os-Ir mineraaleista. Pituus on 10 mikronia (Liite 5/215) $(Rh_{1,61}Pd_{0,42})_{\Sigma 2,03}As_{0,97}$.



Kuva 24. Miessiollila 12 vyöhykkeellinen Pd-Au-Pt-rae. Vaaelampi kohta kultapitoinen Pd-Au-Pt ($Pd_{0,29-0,58} Au Pt_{1,38-1,59}$)_{2,00} mineraali. Päämineraali rakeessa on Pd-Pt ($Pd_{0,14-0,3} Pt_{0,7-0,83}$)_{1,00} mineraali

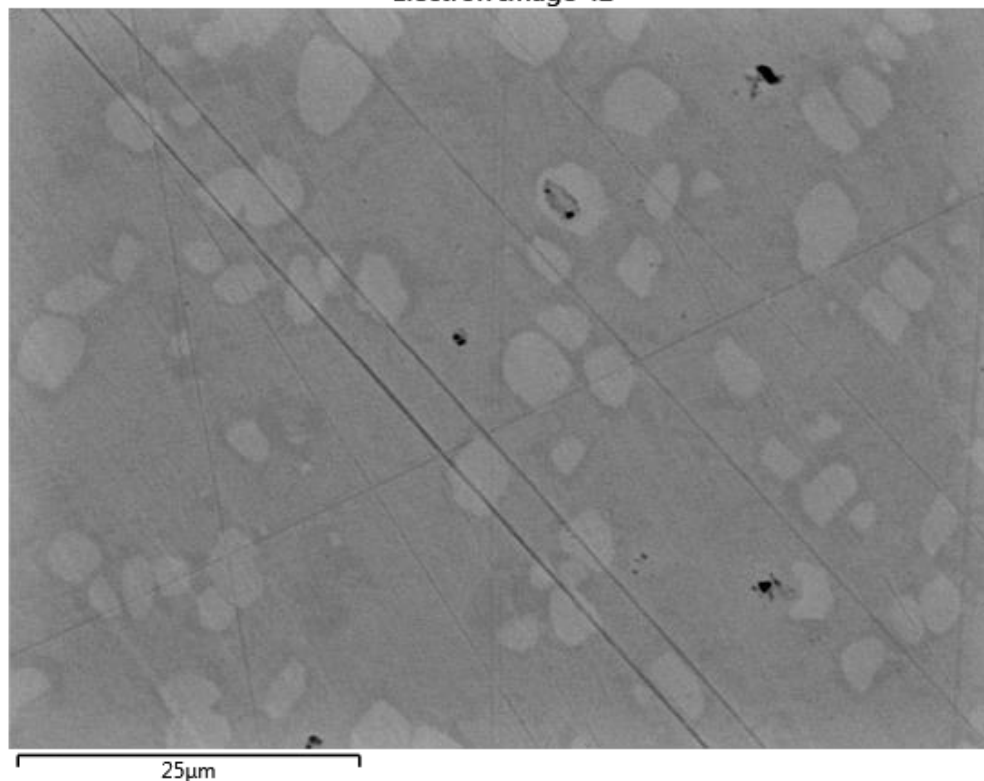
5.3.15 Palladium platina kulta kupari (Pd-Pt-Au-Cu)

Mineraali esiintyy päämineraalina Miessiollila 12 rakeessa (Liite 3N spectrum 4/141-). Rakeessa on seuralaismineraalina Au-Pd-Pt saostumia. Mineraali esiintyy vyöhykkeisenä, koostumus vaihtee Pd-Pt välillä ($Pt_{0,7-0,83} Pd_{0,14-0,3}$)_{Σ1,00}. Vyöhykkeen sisus on palladiumrikas platina ja seuraava vyöhyke on kultarikas. Palladiumin pitoisuus nousee selvästi kultarikkaammissa osissa.

Luh 1 rae koostuu Cu- ja Pd-rikkaasta kultahipusta (spectrum Liite 3O 6/223).

Merel 1 rakeessa esiintyy päämineraalina Au-Cu-Pd-Pt-seos. Rakeessa esiintyy myös kristallografisesti suuntautuneita hongshiittisulkeumia. Päämineraalin ionisuhteet vastaavat isoferroplatinaa, jossa kulta korvaa platinaa ja palladium rautaa (liite 3O 6/124).

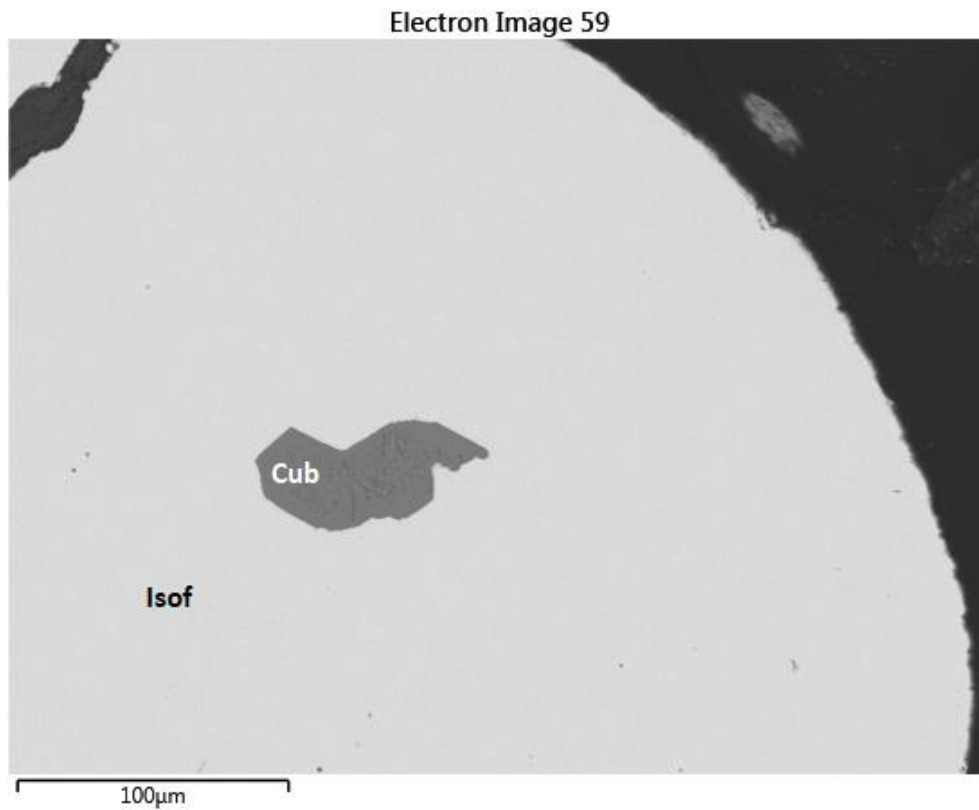
Electron Image 42



Kuva 25. Tulameniitti ja Kuparirikasta isoferroplatina suotaumia rakeessa, Kaarreoja risteys 1.

5.3.16 Pt-Fe-Cu

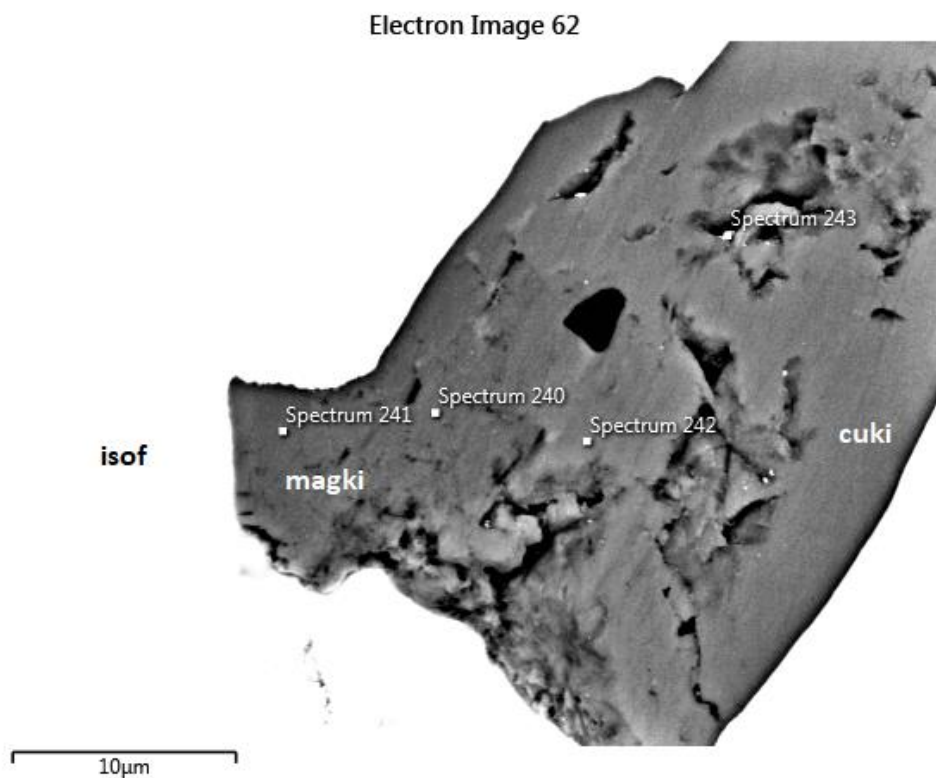
Kaarreoja risteys 1 hipussa esiintyy erilaisia Pt-Fe-Cu seosmineraaleja (kuva 25). Vaaleat pisaramaiset sulkeumat ovat platina- ja rautarikkaampia $(Pt_{2,82}Pd_{0,20})_{\Sigma 3,02}(Fe_{0,61}Cu_{0,38})_{\Sigma 0,99}$. Harmaan massan ja sulkeumien välissä olevat tummat kohdat ovat kupari ja palladium rikkaampia $(Pt_{2,35}Cu_{1,25}Pd_{0,4})_{\Sigma 4,0}$. Harmaa välimassa on pitoisuuksiltaan näiden kahden sulkeuman välissä $((Pt_{2,55}Pd_{0,42})_{\Sigma 2,97}Cu_{1,03})$ (Liite 3M spectrum (2/142-)).



Kuva 26. Hieman omanmuotoinen kubaniittisulkeuma isoferroplatinaassa (liite 3 P spectrum 225).

5.3.17 Kubaniitti CuFe_2S_3

Kubaniittia tavattiin Merel 2 rakeessa ($\text{Cu}_{1,22}\text{Fe}_{1,90}\text{S}_{2,89}$). Mineraali esiintyy yhdessä kuparikiisun ja magneettikiisun kanssa samassa moni faasisessa sulkeumassa. Päämineraali on isoferroplatina. Sulkeuman koko on 100 mikronia (liite 3P spectrum 6/225).



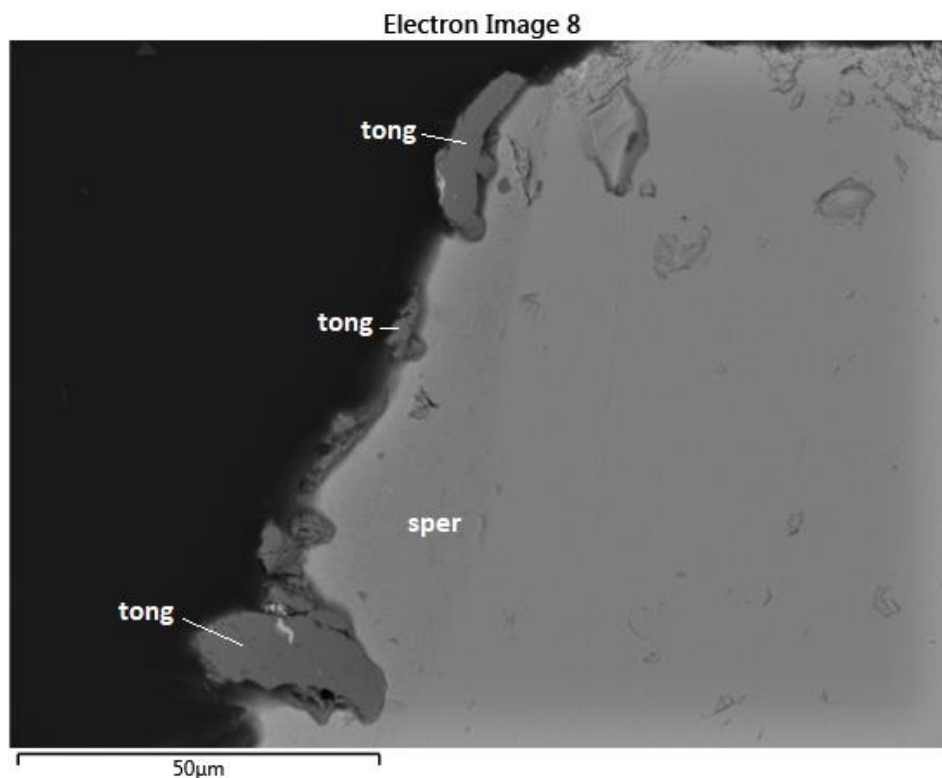
Kuva 27. Moni faasinen sullkeuma. Tummempi osa magneettikiisua ja vaaleampi kuparikiisua. Kuvassa myös analysointi pisteet (liite3P spectrum 6/241, 6/242,).

5.3.18 Magneettikiisu FeS

Magneettikiisua esiintyy Merel 2 rakeessa ($Fe_{1,01}S_{0,92}$) monifaasisessa sulkeumassa (kuva 27). Seuralaismineraaleja samassa sulkeumassa on kuparikiisu ja silikaattimineraali (kuva 6, liite 3P, spectrum 6/241).

5.3.19 Kuparikiisu $CuFeS_2$

Kuparikiisua ($Cu_{1,07}Fe_{1,0}S_{1,92}$) tavattiin Merel 2 rakeessa, monifaasisessa sulkeumassa. Sulkeumassa esiintyy myös magneettikiisu (kuva 27). Rakeen päämineraali on isoferroplatina. Sulkeumien keskimääräinen koko on 40 mikronia (kuva 6, liite 3P, spectrum 6/242).



Kuva 28. Tongxiniittia sperryliitti rakeen reunassa.

5.3.20 Tongxinite Cu_2Zn

Tongxiniitta esiintyy Merel 14 rakeessa sperryliitin reunassa (kuva 28). Mineraalin koko on $20\text{ }\mu\text{m}$ (liite 3 K spectrum 7/38) ($\text{Cu}_{1,81}\text{Zn}_{1,19}$).

5.3.21 Silikaatit ja oksidit

Kaoliinia esiintyy Miessiollila- (spectrum 2/84), -5 (3/107) 6 (spectrum 4/54) Vuijemi 28 (5/157), Merel 2 6/231), Puskuollikainen- 1 (1/162, 164, 165) ja Merel 25 -rakeissa (6/293).

Ca-rikasta plagioklaasia (anortiittia) esiintyi seuraavissa rakeissa. Vehvi 107 (7/110), Miessiollila 5 (3/113, 116), Miessiollila 18 (4/121, 122), -10 (3/66, 67).

Kvarsi oli hyvin yleinen sulkeuma mineraali, mineraalia esiintyi seuraavissa rakeissa, Puskuollikainen 1 (spectrum 1/130, 163. 165, 166, 168), Imurimies ivallojoki 6(2/21), Miessiollila (2/89), -5 (3/105). -11 (3/118, 119), Merel 25 (6/294), , vuijemi 2 (2/133).

Magnetiittia/hematiittia esiintyy Miessiollila 10 rakeessa (spectrum 3/63).

Luh 2 rakeessa esiintyy monatsiittia (spectrum 6/222).

6. TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Isoferroplatina

Isoferroplatina on platinaupamalmien päämalmimineraali. Mineraali on korkean lämpötilan mineraali (Cabri 2002). Isoferroplatina voi sisältää sulkeumina muita platinaryhmän alkuaineita joko puhtaina tai erilaisina seoksina. Isoferroplatinaa esiintyy Uralin-Alaska-tyyppisissä intruusioissa (liite 2a) jossa se täyttää kromiittirakeiden välejä, lisäksi mineraalia tavataan intruusion kromiittiköyhissä osissa (Nekrasov ym 2005). Isoferroplatinaa voidaan tavata päämineraalina myös ofioliitteihin ja stratiformisiin kompleksi malmeihin liittyvissä esiintymissä (liite 1b).

Venäjällä isoferroplatinaa esiintyy osmium ja iridium sulkeumia. Pitkulaiset osmium sulkeumat ovat kooltaan 10-20 µm ja niiden koostumus on lähellä puhdasta osmiumia. Sulkeumat syntyivät varhaisessa vaiheessa isoferroplatinoihin ja niillä on geneettinen yhteys vyöhykkeellisten duniittihiippujen syntyjen kanssa.

Konderissa tavataan kahdenlaisia isoferroplatina hippuja. Ensimmäinen tyyppi sisältää Os-, Ir-, Ru- ja Pt-sulkeumia, joka syntyi kovassa lämpötilassa keskellä kromiittiköyhää duniittihiippua intrusiivikompleksissa (Nekrasov ym 2005). Toinen myöhäismagmaattisessa tapahtumassa syntynyt isoferroplatina sisältää erilaisia sulkeumia, joissa on Pb, Sn, Cu, Au, Ag, S, As, Bi, Sb, Te, sekä Ge:a. Tämä tyyppi sisältää myös kromiittia juonina ja massiivisena duniitissa (Nekrasov ym 2005).

Zaccarinin ym. (2018) mukaan Pt-Fe seosten vallitsevuus Alaska-Uralin tyyppin kromiiteissa johtuu rikin fugasiteetista $f(S_2)$, joka oli tarpeeksi alhainen estääkseen Pt-sulfidien muodostumisen, kromiitin muodostumisen aikana mutta tarpeeksi suuri rikastaakseen erlichmaniitin ja Ir-Ru-Ni-Cu seokset.

Barkovin & Cabrin (2019) mukaan platinaryhmän alkuaineita ja Ni- tai Cu-pitoisuuksia isoferroplatinaa ei voida käyttää luotettavasti luokittelemaan hippuja tietyn tyyppin esiintymiin. Poikkeuksen tekee Palladium, jonka rikastuminen Pt-Fe-seoksiin voi merkitä alkalista-gabroista lähtöainesta tai muunlaista maafista kivilajia kuten Pd-Pt-kerrokset kerrosintruusioissa.

6.2 Sperryliitti

Sperryliitti on yleinen platinamineraali esiintyen monissa malmiesiintymissä (Anthony ym. Handbook of Mineralogy). Mineraali esiintyy yleisesti magmaattisissa Ni-Cu-PGE malmeissa ja Alaska-Ural tyyppin malmeissa (Cabri 2002).

Tutkimuksessa keskityttiin Isoferroplatina hippuihin ja niiden sisältämiin sulkeumiin. Sperryliitit ovat kuitenkin määrältään suurin PGM lapissa (Törnroos & Vuorelainen 1986).

Tutkimusaineistosta löytyi kahdenlaisia sperryliitteitä. Omamuotoiset ovat hyvin kulumattomia mutta vierasmuotoiset ovat hieman pyöristyneitä, sisältäen vaalean silikaatti sisustan. Raglan komatiittisessa Ni-Cu-PGE malmissa sperryliitti esiintyy vierasmuotoisena silikaattien kanssa.

Muuttuneiden silikaattien kontaktissa sperryliitistä muodostuu epäsäännöllinen, josta osa rakeesta on tuhoutunut. Silikaatit ovat aktinoliittia, tremoliittia, kloriittia ja serpentiniittia (Seabrook ym. 2004).

Lapissa sperryliittia esiintyy Lomalammen ja Kaitaselän mineralisaatioissa (Törmänen ym. 2016, FQM FinnEx 2016).

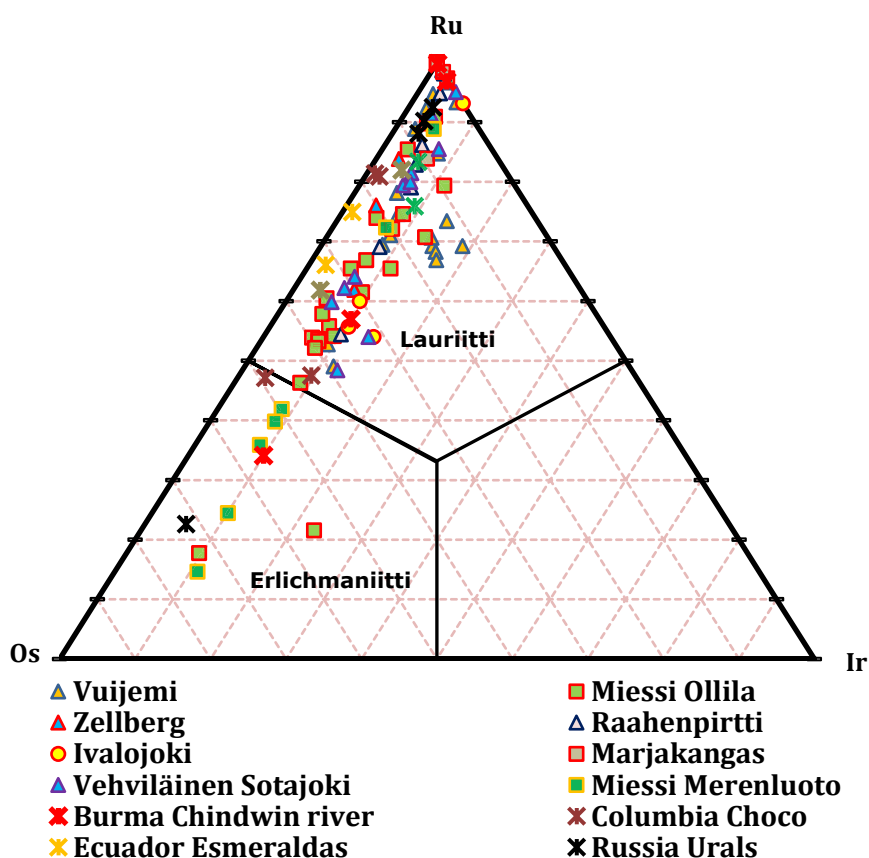
Great Dyken sperryliiti on toiseksi tärkein PGE-mineraali. Sperryliitti esiintyy omamuotoisena ja vierasmuotoisena, jonka koko 10-50 µm. Suurempia 373 µm rakeita ympäröi hollingworthiitti (Oberthür 2002).

6.3 Hongshiitti

Hongshiitti on harvinainen platinamineraali, jota tavataan maafisissa-ultramaafisissa kivissä ja näihin liittyvissä upaesiintymissä. Hongshiittia esiintyy myös hydrotermisesti syntyneessä Watenberg platinamalmissa Etelä Afrikassa ja Brasiliassa Jakutingan Au-Pt-Pd BIF-malmissa (Kwitko ym. 2002) (Oberthür ym. 2018).

Watenbergin platinamalmissa Hongshiitti muodostaa kerroksen puhtaan platinan ympärille. Oberthür'in ynnä muiden. (2018) mukaan mineraali on syntynyt malmimuodostuksen loppuvaiheessa, jolloin kuparirikas fluidi tunkeutui malmiin.

Kahdenlaista Hongshiittia esiintyy sulkeumina palladium pitoisessa kultahipussa Itabirassa Brasiliassa. Ensimmäinen huokoinen hongshiitti on seurausta supergeenisestä rapautumisesta, toinen sulkeumina esiintyvä hongshiitti syntyi fluidin ja magnetiitin reaktiossa 600 - 180 °C:ssa. (Kwitko ym. 2002).



Kuva 29. Lauriitti-erlichmaniitti sulkeumien vertailu maailmalla esiintyviin sulkeumiin. Lähde vertailutuloksiin on Cabri ym. (1996). Analyysitulokset ionisuhteina.

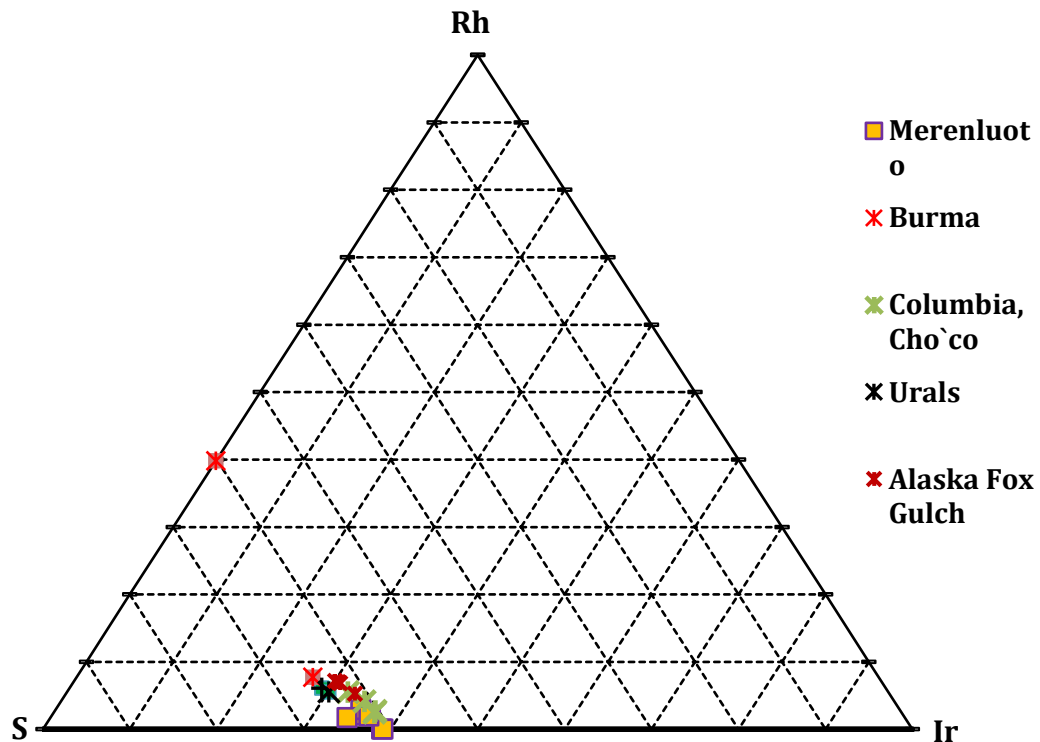
6.4 Lauriitti-erlichmaniitti

Lauriitti on yleisin sulkeuma mineraali ja esiintyy sulkeumia Isoferroplatina hipuissa. Kuvassa 29 on vertailtu löydettyjen lauriitti-erlichmaniitti sulkeumien ionisuhteita, maailmalla esiintyviin sulkeumiin. Cabrin ym. (1996) mukaan lauriitti on primäärimineraali, joka kiteytyi ensimmäisenä magmasta yhdessä Isoferroplatinan kanssa. Tämä on todettu myös kokeellisesti (Brenan & Andrews 2001). Lauriitti-erlichmaniitti esiintyy yleisesti vyöhykkeellisenä isoferroplatinaassa (Cabri et.al 1996, Weiser 2002).

Johan'in (2006) mukaan vyöhykkeellisyys lauriitissa johtuu lämpötilan laskeutumisesta, joka muodostaa osmium rikkaan sisuksen ja lauriitti rikkaan ulkokehän. Lauriitti on ainoa ruteniummineraali Uralin-Alaska -tyypin esiintymissä (Johan 2002).

Stepanovin ym. (2020) mukaan Ural-Alaska tyypin intruusioissa Uralilla lauriitti-erlichmaniitti oli ensimmäisiä mineraaleja, jotka kiteytyivät magmasta yhdessä kromispinellin kanssa. Ural-Alaska-tyypin intruusioissa Zaccarinin ym. (2018) mukaan $f(S_2)$ oli tarpeeksi alhainen rikastaakseen erlichmaniitin mutta liian alhainen rikastaakseen pt-sulfideja.

Shetlantin ofioliittikompleksissa Os-köyhä lauriitti esiintyy kromiittirakeiden keskellä. Os-rikas lauriitti esiintyy kehänä kromiittirakeiden reunalla yhdessä irarsiitin kanssa. Os-rikas lauriitti sisältää myös pieniä osmium sulkeumia (Tarkian & Prichard 1987).

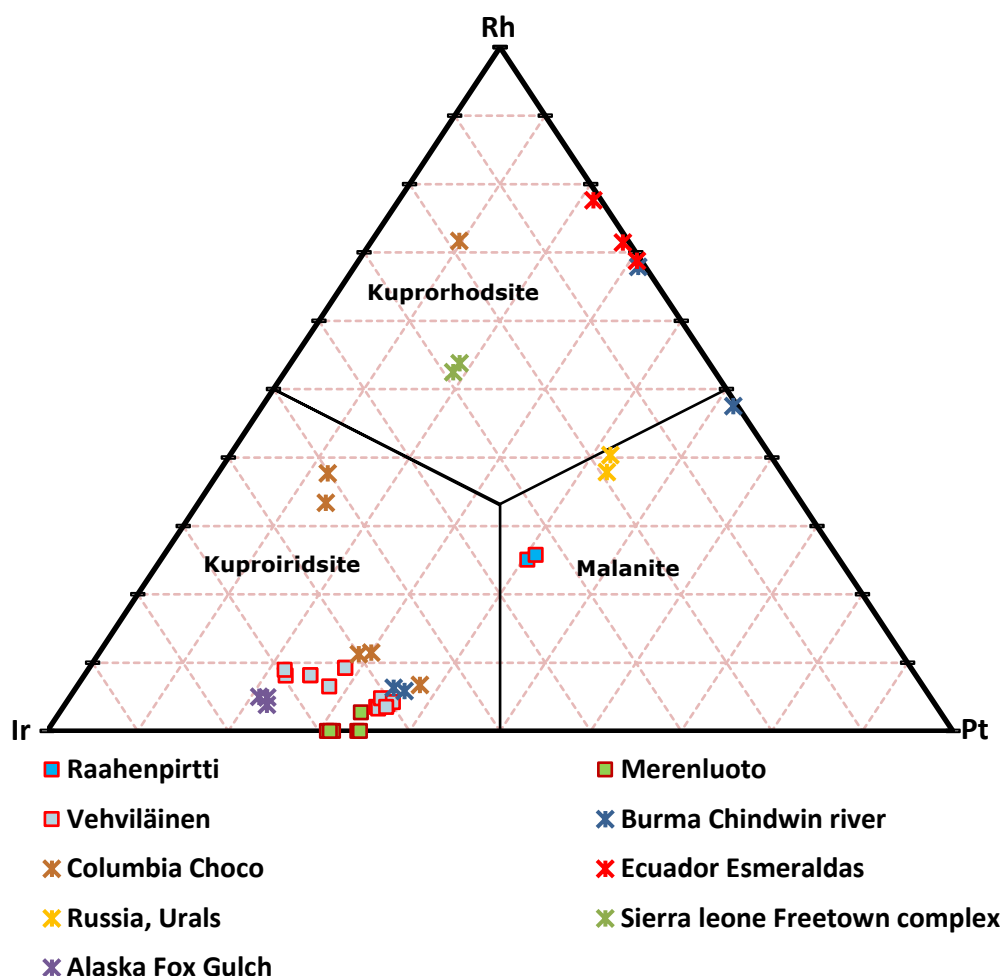


Kuva 30. Kashniitti sulkeumien vertailu maailmalla löytyneisiin kashiniitti sulkeumiin Lähde vertailutuloksiin on Cabri ym. (1996). Analyysitulokset ionisuhteina.

6.5 Kashiniitti

Kashiniittia esiintyy ultramaafisissa kivissä yhdessä kromiitin ja PGE-ryhmän mineraalien kanssa. Ofioliiteissa mineraali esiintyy hyvin pieninä 3–6 µm sulkeumina. Kuvassa 30 on vertailtu löydettyjen kashiniitti-sulkeumien ionisuhteita maailmalla esiintyviin kashiniitti-sulkeumiin.

Stepanovin ym. (2020) mukaan kashiniitti kiteytyi duniittiipiipun muodostumisen alkuvaiheessa samaan aikaan kuin lauriitti-erlichmaniitti ja Ir-Ru-Os seokset. Myöhäis-magmaattisessa vaiheessa kashiniitti alkoi korvautumaan Pt-Fe mineraaleilla. Korvautuminen liitetään Ural-Alaska-tyypin vyöhykkeellisten duniittiippiujen serpentiiniittiytymiseen.



Kuva 31. Kuproiridsiitin ja malaniitin sulkemien vertailu maailmalla esiintyviin sulkeumiin. Lähde vertailutuloksiin on Cabri ym. (1996).

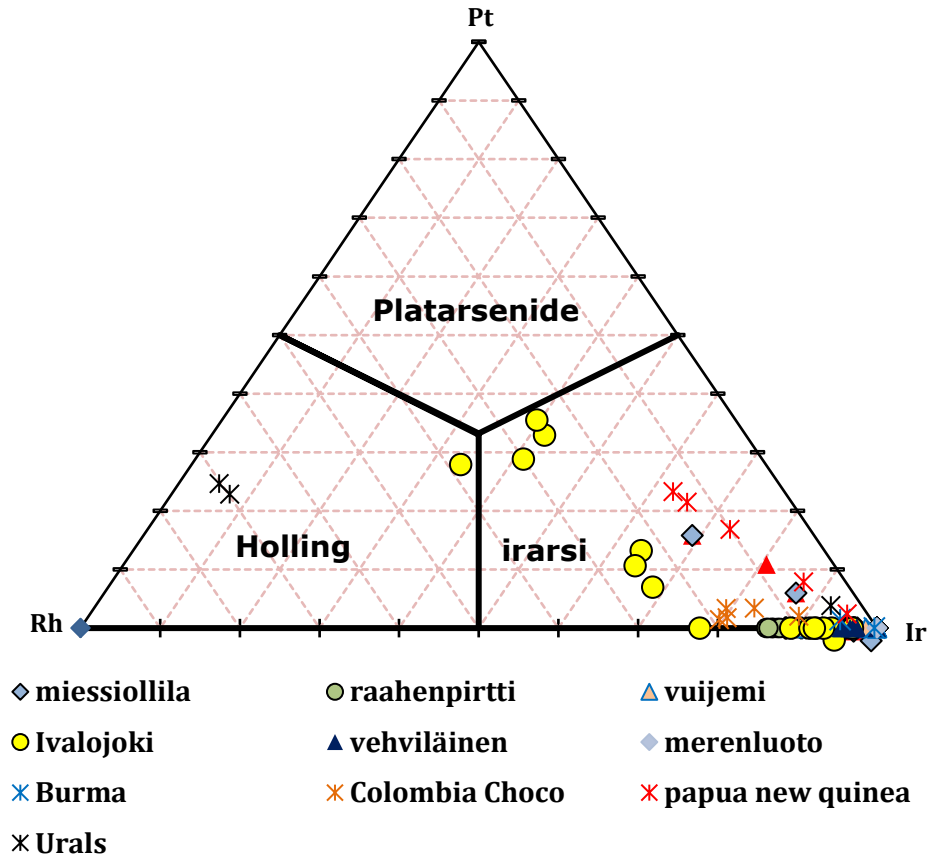
6.6 Kuproiridsite

Kuproiridsiitti muodostaa seossarjan kuproiridsiitin-kuprorodsitiin välillä. Tätä ryhmää kutsutaan Ir-Rh-tiospinelli ryhmäksi. Ryhmän mineraaleja esiintyy ultramaafisissa ja alkalisultramaafissa massiiveissa. Kuvassa 31 on vertailtu löydettyjen kuproiridsiitti ja malaniitti sulkeumien ionisuhteita maailmalla löytyneisiin sulkeumiin.

Kolumbiassa Chocon Nevadossa upaplatina esiintymässä kuproiridsiitti esiintyy sulkeumana isoferroplatinassa. Samassa rakeessa esiintyy myös huokoista Pt-Fe seosta, kashiniittia, jossa on osmiumlamelleja. Alaskassa kuproiridsiitti esiintyy sulkeumana isoferroplatinassa ja iridiumissa. Seuralaismineraaleina esiintyy kromiittia, kashiniittia, Pt_3Fe :a ja lauriittia.

Kuproiridsiitti sulkeumien ionishteet menevät hyvin lähelle Burman, Kolumbian ja Alaskan sulkeumia (kuva 31). Esiintymien lähtöpaikaksi on todettu Ural-Alaska-tyypin intruusiot (Salinas ym. 1992, Salinas & Tistl 1991, Mertie 1976).

Johan'in (2002) mukaan kuproiridsiitti-kuprorodsiitin-malaniitti voivat olla alhaisen lämpötilan mineraaleja, jotka kiteytyvät vasta 500C asteessa. Kuprorodsiitti yleinen mineraali Alaska-Ural-tyyppisissä komplekseissa (Johan 2002, Stepanov ym. 2019).



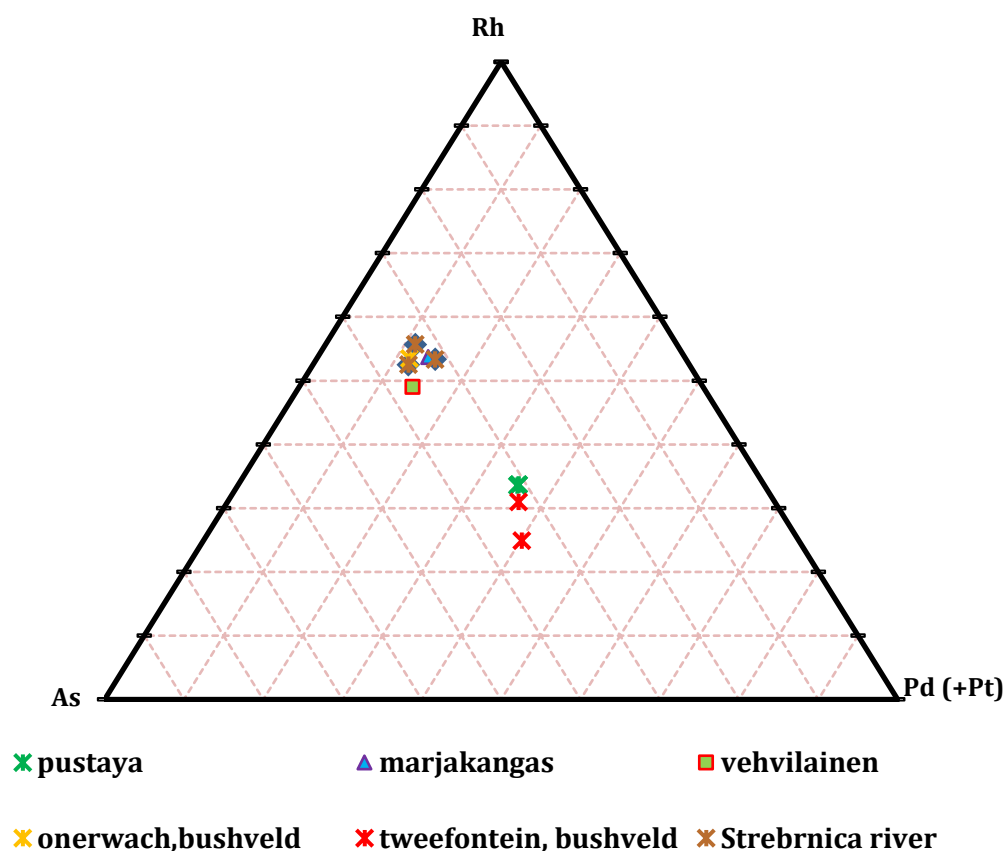
Kuva 32. Hollingwortiitti-Irarsiitti vertailu muiden esiintymien mineraaleihin. Lähde vertailutuloksiin on Cabri ym. (1996).

6.7 Hollingwortiitti-irarsiitti

Hollingwortiitti-irarsiitti sulkeumat syntyvät postmagmaattisessa vaiheessa isoferroplatinan rakoihin ja muodostavat kehiä primäärien platinaryhmän mineraalien ympärille. Johan'in (2002) mukaan hollingwortiitti on yleisimpiä rodium pitoisia mineraaleja Ural-Alaska -tyypin komplekseissa. Kuvassa 32 on vertailtu hollingwortiitti-irarsiitti sulkeumia maailmalla esiintyviin sulkeumiin.

Sulkeumien koostumus menee Burman (Myanmar) ja Kolumbian esiintymien kanssa päällekkäin. Poikkeuksena on Ivaolojoella esiintyvät sulkeumat, jotka käyttäytyvät hyvin samalla tavalla kuin Papua-Uuden-Guinean irarsiitti (kuva 32).

Ural-Alaska-tyyppin esiintymissä Uralilla ja Koryak-Kamtšatkassa Venäjällä, Tulameen kompleksissa Kandassa ja Goodnews Bayssa Alaskassa irarsiitti ja hollingworthiitti luokitellaan sekundäärisesti syntyneiksi (O'Driscoll & González-Jiménez 2016, Stepanov ym. 2020).



Kuva 33. Rodarseniitti sulkeumien vertailu maailmalla esiintyviin sulkeumiin. Lähde vertailutuloksiin on Tarkian ym. (1997), Zaccarini ym. (2002) ja Tolstykh ym. (2000)

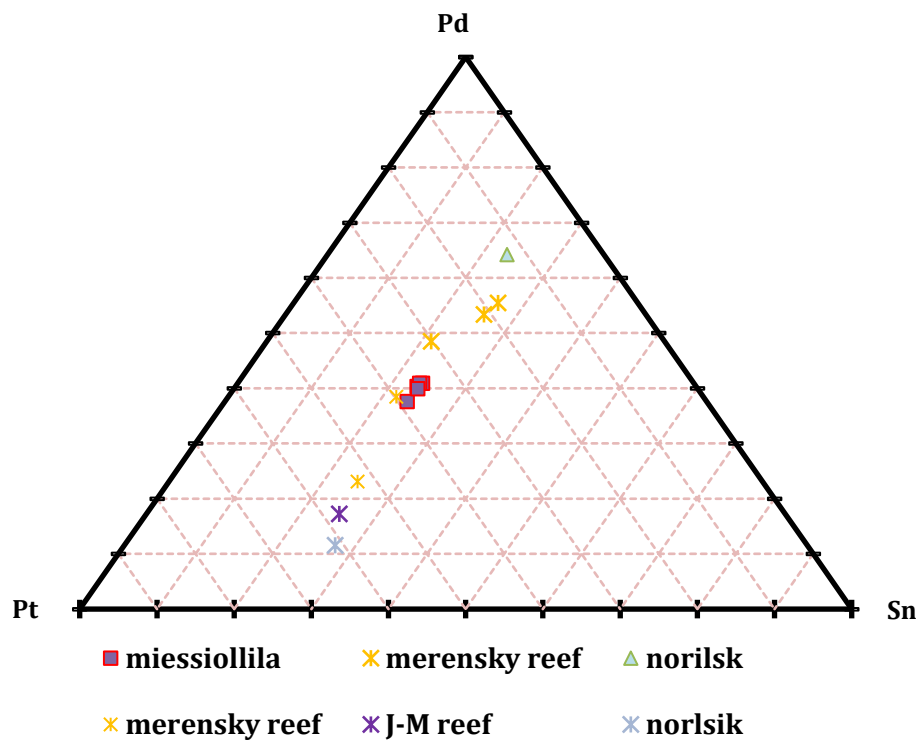
6.8 Rodarseniitti

Rodarseniittia esiintyy sulkeumina isoferroplatinassa. Mineraalia tavataan Srebrnica-joen upaesiintymässä keski-Serbiassa, Veluće ofioliittikompleksiin liittyvissä upaesiintymissä Jugoslaviassa, Urallilla Pustaya-joen upaplatinaesiintymässä ja Busveldin kompleksin Onverwachin ja Tweefonteinin ultramaafisissa piipuissa. Kuvassa 33 on vertailtu rodarseniitti sulkeumia maailmalla esiintyviin sulkeumiin (Krstić & Tarkianin 1997, Tarkian ym. 1997, Tolstykh ym. 2000, Zaccarini ym 2002).

Marjakangas 84 rakeessa esiintyvä rodarseniitin ionisuhteet menevät päällekkäin Strebrnica-joen ja Onverwachtin rodarseniitin kanssa (kuva 33).

Krstić & Tarkianin (1997) mukaan Veluässä esiintyvät upaesiintymien materiaali on peräisin kromiiteista, jotka liittyvät Velucen ofioliittikompleksin. Upaesiintymässä rodarseniitin seuralaismineraaleja ovat Pt-Fe seokset, Ru-Os-Ir seokset, hollingworthiitti, irarsiitti ja sperryliitti.

Rodarseniittia esiintyy Onverwachtin ja Tweefontein ultramaafisissa piipuissa kromiitti xenoliiteissa Busveldin kompleksissa. Zaccarinin ym. (2002) mukaan mineraali syntyi korkeassa lämpötilassa xenoliittien uudelleen kiteytyessä. Rodarseniittia tavataan oliviinin ja kromiitin sisällä sulkeumana. Onverwacht ultramaafisen piipun xenoliiteissa oliviinin sisällä olevassa sulkeumassa esiintyy myös rodarseniitin lisäksi ruteniumia, lauriittia ja Pt_3Fe . Tweefonteinin ultramaafisessa piipussa kromiitissa olevassa sulkeumassa esiintyy rodarseniitin lisäksi sulkeumina Pt_3Fe ja Ru-Ir-Os-seosta (Zaccarini ym. 2002).

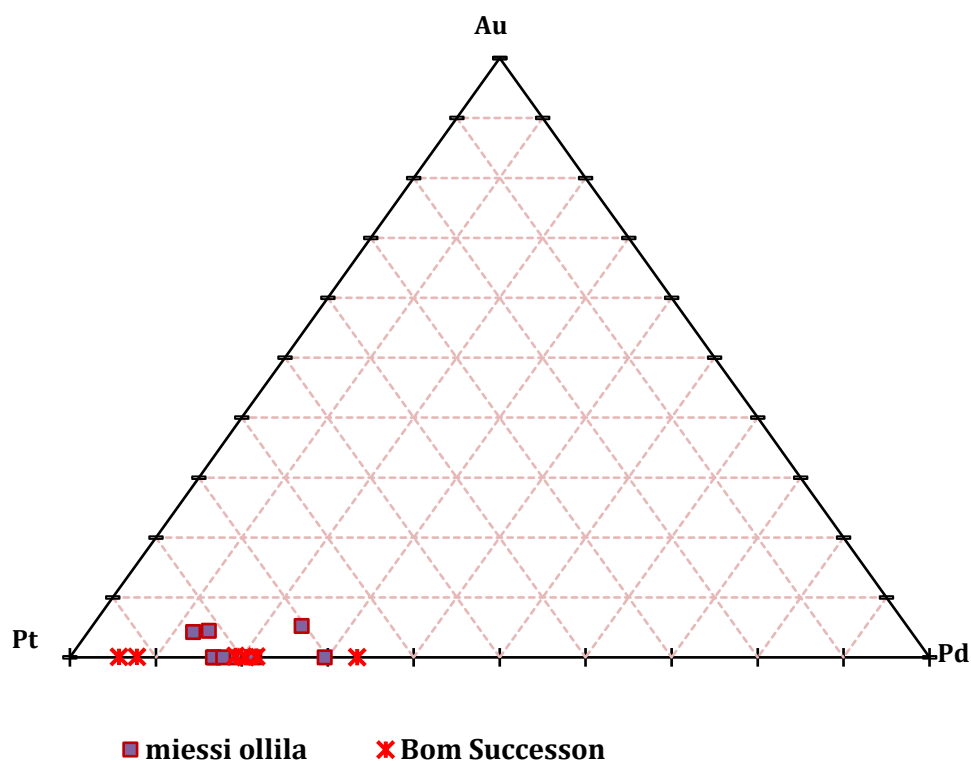


Kuva 34. Rustenburgiitti-Atokiitti sulkeumien vertailu tyyppipaikkoihin. Vertailuanalyysien lähteet: Mihalik & Villiers De (1975) ja Kingston & El-Dosuky (1982). Genkin&Evstigneeva 1986, Todd et.al 1982

6.9 Rustenburgiitti-atokiitti

Rustenburgiittia ja atokiittia tavataan kerrosintruusioissa. Kuvassa 34 on vertailtu rustenburgiitti-atokiitti sulkeumia maailmalla esiintyviin sulkeumiin. Bushveldin kompleksissa mineraali esiintyy Merensky reefissä ja Stillwaterissa J-M Reefissä (Mihalik ym. 1975, Kingston & El-Dosuky 1982 Todd ym. 1982).

Shcheka ym. (2004) mukaan Atokiitti on voinut syntyä hydrotermisen tai postmagmaattisen toiminnan tuloksena, joka on vaikuttanut Pt-Fe seoksiin.



Kuva 35. Pt-Pd-Au seoksien vertailu maailmalla esiintyneisiin samankaltaisiin seoksiin. Vertailuanalyysin lähteet: Fleet ym. (2002)

6.10 Pt-Pd-Au

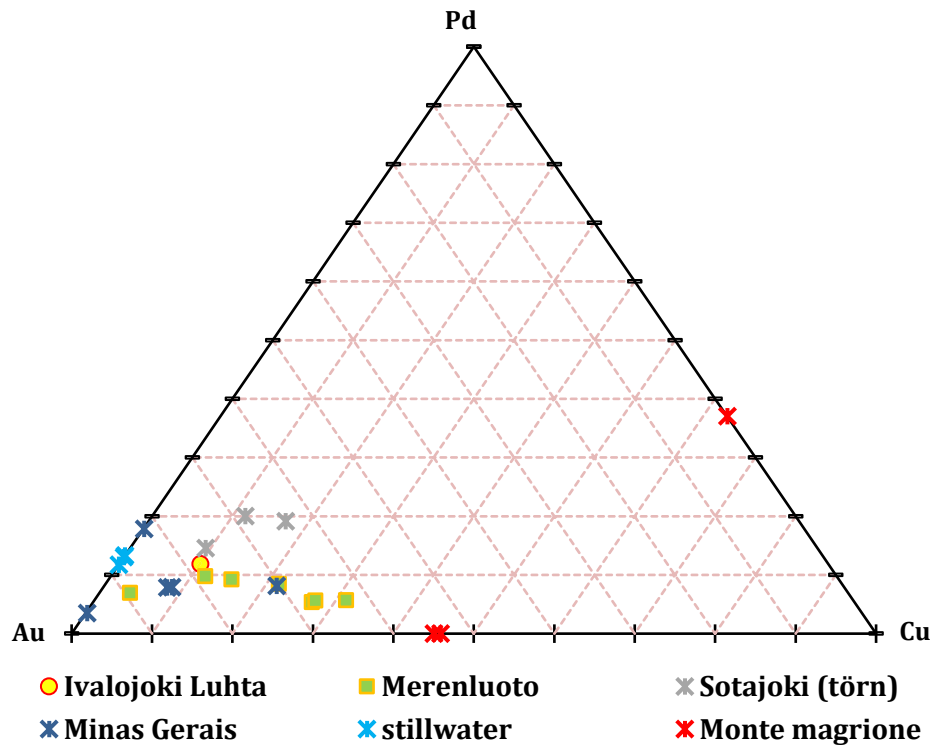
Rypälemäisiä Pd-Pt seoshippuja esiintyy Bom Successon purossa Minas Geraisissa, Brasiliassa. Pd-Pt-seoksen seuralaismineraaleina on potariittia. Rakeet ovat vyöhykkeellisiä, jossa platina pitoisuus nousee rakeen reunalle edetessä. Palladium mineraaleja esiintyy upaesiintymissä sekä pinnassa tapahtuvissa mineralisaatioprosesseissa kuten supergeenisessä, karbonaattijuonissa ja hydrotermisessä muuttumisessa (Fleet ym. 2002, Ramdorh 1969). Kuvassa 35 on vertailtu löydettyjä Pt-Pd-Au-seoksia Bom Successoninista löydettyihin seoksiin.

Fleetin ym. (2002) mukaan Minas Geraisin Pd-Pt hiput syntyivät hydrotermisen muuttumisen tuloksena, jossa fluidi reagoi maafisen-ultramaafisen kiven kanssa hyvin alhaisessa n. 100 °C lämpötilassa.

Cabralin ym. (2011) mukaan Bom Successon Pt-Pd hiput ovat syntyneet biogeenisesti. Hippujen sisällä esiintyvä karbonaattinen aines voi olla biogeenistä materiaalia kuten juuria. Hipuista tutkittiin

jodia, jota rikastuu mikro-organismeihin ja merellisiin sedimentteihin. Cabral ym. (2011) esittää Pd-Pt mineraali liukeni veteen ja kertyi orgaanisten ainesten pintaan, tämä johti Pd-Pt seosten yhteen kasvettumiseen ja edelleen rypälemäiseen olomuotoon.

Reithin ym. (2019) mukaan Bom Succesion hiput syntyivät ensin hydrotermisen toiminnan tuloksena kallioperään. Biogeokemiallinen prosessi rikasti hippuihin mikrokristallisia tasoja ja edelleen rypälemäisen muodon. Myöhemmin rakeiden sisään jäänyt potariitti liukeni pois ja täyttyi edelleen sekundäärisellä anataasilla TiO_2 . Hiput sisältävät biofiilistä materiaalia (C, N, S, Se ja I) ja hiilen ja typen läsnäolo Pt-Pd matriksissa tukee niiden biologista syntytapaa. Hipuille valmistettiin kokeita, jossa onnistuttiin muodostamaan Pt-biomineraaleja bakteeritoiminnan tuloksena (Reith ym. 2016).

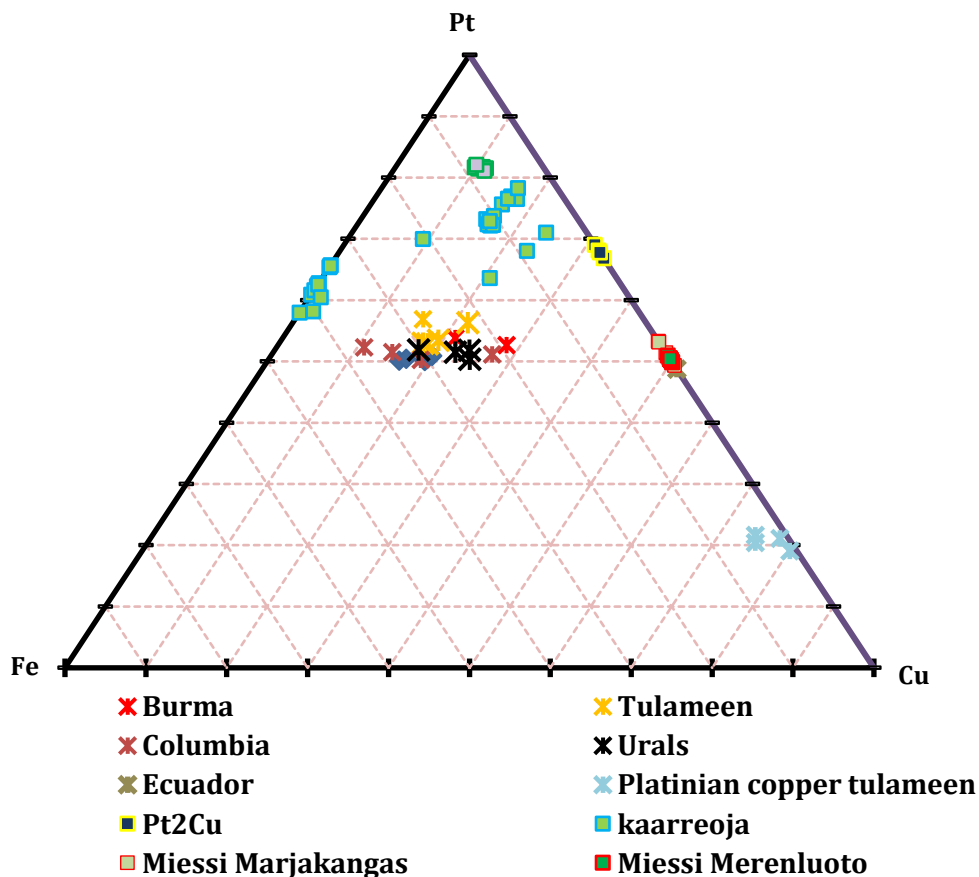


Kuva 36. Au-Cu-Pd seoksien vertailu maailmalla löytyneisiin mineraaleihin. Vertailuanalyysin lähteet: Törnroos & Vuorelainen (1986), Cabri & Laflamme (1974), Cabri ym. (1979), Ohnenstetter (2002).

6.11 Au-Cu-Pd

Palladium kultaa tavataan Lac des Ile alueella Ontariossa, Sotajoella), Minas Geraisissa Brasiliassa ja Stillwaterin kompleksissa. (Cabri & Laflamme 1974, Cabri & Laflamme. 1979, Törnroos & Vuorelainen 1986). Kuvassa 36 on vertailtu löydettyjä Au-Cu-Pd seoksia maailmalla esiintyviin Au-Cu-Pd seoksiin.

Palyaonova (2020) on tutkinut palladiumpitoisen kullan esiintymistä kaikkiaan 40 esiintymästä, joista 10:ssä mineraali oli eksogeenisesti syntynyt ja 30:ssä endogeenisesti. Palyaonovan (2020) mukaan mineraalin synty on läheisesti liitettävissä magmaattiseen ja postmagmaattiseen fluiditoimintaan kerrostuneissa básiitti- hyperbásiitti intruusioissa.

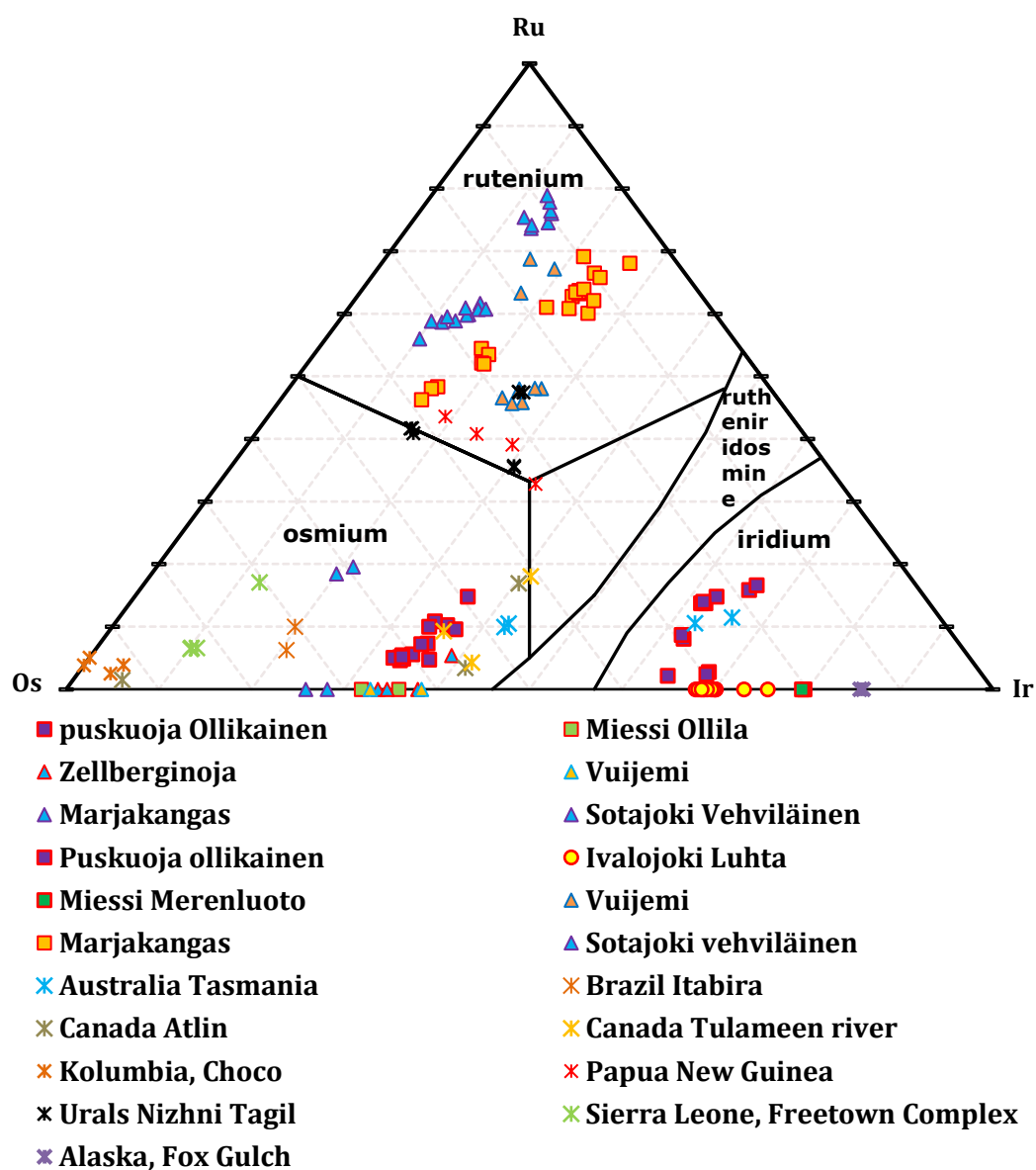


Kuva 37. Sulkeumista löytyneet Pt-Fe-Cu seokset ja vertailuesiintymät maailmalla. Vertailuanalyysin lähteet: Cabri ym. (1996).

6.12 Pt-Fe-Cu

Pt-Fe-Cu seokset luokitellaan sekundäärisesti syntyneiksi myöhäsmagmatismien aikana. Mineraaleista hongshiitti ja tulameniitti kuuluvat tähän ryhmään. Nixon ym. (1990) ja Stepanov ym. (2020) luokittelevat tulameniitin alhaisen metamorfoosin ja serpentinisaation aikana syntyneeksi. Mineraalin muodostuessa isoferroplatina sekoittui kuparirikkaan fluidin kanssa ja synnytti tulameniittia ja platinapitoista kuparia. Kuvassa 37 on vertailtu Pt-Fe-Cu-seoksia maailmalla esiintyviin Pt-Fe-Cu-seoksiin

Shahmirin ym. (1985) mukaan tulameniitti voi syntyä myös magmaattisesti. Johanin (2002) mukaan Nizni Tagilissa tulameniitti on syntynyt magmaattisesti myöhemmässä vaiheessa.



Kuva 38. Os-Ir-Ru-seokset ja vertailu maailmalla esiintyviin Os-Ir-Ru-seoksiin. Vertailuanalyysin lähteet: Cabri ym (1996).

6.13 Osmium-Iridium-Rutenium

Os-Ir-Ru sulkeumat esiintyvät isoferroplatinassa. O'Driscollin & González-Jiménezin (2016) mukaan ofioliitteihin liittyvissä platinam mineraaleista 80 % on Os-Ir-Ru seoshippuja. Uralilla Ofioliitteihin liittyvissä upamalmeissa Os-Ir-Ru:n osuus on 94 %. Ural-Alaska-tyypin esiintymissä Uralilla Os-Ir-Ru osuus on 19 %. Kuvassa 38 on vertailtu Os-Ir-Ru-seoksia maailmalla esiintyviin Os-Ir-Ru seoksiin.

Rutenium-rikkaat seokset ovat harvinaisia Alaska-Ural-tyyppisissä intruusioissa, poikkeuksena lauriitti (Johan 2002).

Osmium-iridium-rutenium-sulkeumat kiteytyvät ensimmäisinä sulfidisulasta. Barkov ym. (2005) mukaan korkeassa Lämpötilassa iridium(-osmium) muodostaa suotaumia tai mikrosulkemia isoferroplatina sisään lämpötilan laskiessa, nämä voivat olla kristallografisesti orientoituneita.

Iridiumin pitoisuudesta voidaan päätellä sen kiteytymislämpötilaa. Makovicky & Karup-Møller (2000) ovat todenneet kokeellisesti iridiumin pitoisuuden laskun synteettisessä Pt_3Fe hipussa. Ural-Alaska-tyypin esiintymässä Svetlyborskyn ja Glubokinskoe upaplatina esiintymässä iridium esiintyy pieninä alle 10 μm kokoisina suotatumina isoferroplatinaassa (Stepanov ym. 2019).

Tolstyk ym. (2005) jakavat Pt-Fe ja Os-Ir-Ru seosten synnyn kahteen osa alueeseen, Pt-Fe ja seososmium sekä isoferroplatina-iridium. Pt-Fe:n ja seososmiumin synty on yhteydessä duniittiin vyöhykkeellisissä intruusioissa, Osmiumin on tässä lähes puhdasta.

Joissain Uralin-Alaska-tyypin esiintymissä Pt-Fe ja seososmium on yhteydessä myös lauriitti-erlichmaniitin syntyn (Tolstyk ym. 2005). Isoferroplatina-Iridium sulkeumat muodostuvat korkeassa lämpötilassa, jolloin iridium muodostaa kuutiollisia kiteitä isoferroplatina matriksiin. On mahdollista, että rakeessa esiintyy myös Pt-Fe seos-osmium-iridium parageneesi, tämä ei kuitenkaan esiinny Uralin-Alaska-tyypin materiaalissa (Tolstyk ym 2005).

Barkovin ym. (2018) kristallografisesti suuntautuneet ruteniumsuotaumat ovat syntyneet magman jäähtyessä ja ruteniumin kertyessä isoferroplatinaan.

Tolstyk ym. (2005) mukaan tutkimalla isoferroplatina hivenainepitoisuuksia ei voida erottaa onko platinahipun lähtöaines ofioliittinen vai Alaska-Ural-tyyppinen. Kuitenkin tutkimalla Ir-Os-Ru seoksia voidaan tehdä päätelmiä. Alaska-Ural-tyypin esiintymät sisältävät vähän tai ei lainkaan ruteniumia, kun puolestaan ofioliittisesta lähtöaineksestä peräisin olevat Ru-Ir-Os seokset sisältävät ruteniumia huomattavia määriä.

6.14 Kubaniitti-kuparikiisu-magneetikiisu

Borniitti-digeniittiä esiintyy sulkeumassa isoferroplatinaassa Florence Creekissä Kanadassa (Cabri ym. 1996). Sulkeuman päämineraali on braggiitti. Hipuissa esiintyvien sulkeumien ja koostumuksen pohjalta Barkov ym. (2008) esittää mahdolliseski lähtöpaikaksi Alaska-Ural-tyypin intruusion.

Prichard ym. (1994) on kuvannut kuparikiisun ja magneetikiisun esiintymistä Shetlandin ofioliitissa. Isäntäkivilajina mineraaleille esiintyy sulfidirikas wehrliitti. Kuparikiisu on esiintymässä korvautunut borniitilla.

6.15 Silikaatit ja Oksidit

Isoferroplatina- ja sperryliittirakeissa esiintyy metallisten sulkeumien lisäksi silikaattisulkeumia.

Yleisimmät sulkeumat Ural-alaska-tyyppin esiintymissä ovat diopsidi ja pargasiitti. Lisäksi sulkeumissa esiintyy albiittirikasta plagioklaasia, kalimaasälpää, muskoviittia, flogopiittia, apatiittia ja titaniittia (Johan 2002). Kuttyrev ym. (2020) ovat kuvanneet isoferroplatinaassa esiintyviä silikaatti sulkeumia Matysken Uralin-Alaska-tyyppin esiintymässä.

Johan ym. (2006) on tutkinut isoferroplatinaan liittyvistä silikaattisulkeumista Nizni Tagilissa. Hänen mukaansa Nizni Tagilissa esiintyy kahdenlaisia silikaattisulkeumia. Ensimmäinen on syntynyt korkean paineen alaisena. Sulkeumat koostuvat pääosin klinopyrokseenista mutta seuralaismineraaleina esiintyy jadeiittia, albiittia, tremoliittia, muskoviittia, titaniittia ja lasia. Toinen tyyppi on syntynyt alhaisessa paineessa. Sulkeuman päämineraali on klinopyrokseeni ja jadeiitti. seuralaismineraaleina esiintyy edeniittistä sarvivälkettä, biotiittia, magnetiittia, apatiittia ja lasia.

Zmodik ym (2016) on tutkinut Länsi-Siperiassa esiintyviä isoferroplatinahippuja ja niiden sulkeumia. Zmodik ym. (2016) mukaan amfibolit yhdessä biotiitin, pyrokseenin ja plagioklaasin kanssa isoferroplatinaassa voi ilmentää pikriittistä lähtökivilajia. Koura-joen esiintymässä pargasiittisulkeumat ilmentävät subduktio-olosuhteita, alhaista lämpötilaa ja korkeaa painetta

Barkovin ym. (2005) mukaan brittiläisessä Kolumbiassa isoferroplatina hipuissa esiintyvät silikaattisulkeumat ovat syntyneet magmaattisesti maafisesta aineksesta. Tämä aines ei sisältänyt oliviinipitoista kivilajia kuten duniittia. Kuttyrev ym. (2020) mukaan Matysken Uralin-Alaska-tyyppin esiintymä sisältää vain oliviinipitoisia kivilajeja, jolloin sulkeumat isoferroplatinaan voivat syntyä muulla tavalla kuten jälkimagmaattisissa tapahtumissa fluidin alaisena. Puolestaan Kuttyrev ym. (2020) ovat tutkineet isoferroplatinan esiintymistä muuttumattomassa kromiitti juovassa Venäjällä Matysken Uralin-Alaska-tyyppin esiintymässä. Silikaattisulkeumat isoferroplatinaassa ovat voineet syntyä postmagmaattisessa vaiheessa.

Florence creekissä Kanadassa isoferroplatinan silikaattisulkeumina esiintyy Na- ja K-rikkaita sulkeumia (Barkov ym. 2008). Barkov ym. (2008) mukaan Na-rikkaiden silikaattimineraalien esiintyminen sulkeumana viittaa Ofioliittisiin tai Alaska-Uralin-tyyppisiin komplekseihin tai vaipan xenoliitteihin lähtöpaikkana.

6.16 Muita mineraaleja

Näyte materiaalista löytyi Au-Hg ja weishaniitti ((Au,Ag)₃Hg₂) hippuja. Aikaisemmin Lapista ei ole raportoitu vastaavaa määrää Au-Hg-hippuja. Hipuissa esiintyy ruskeaa laterittirapautumaa pinnassa. Lisäksi näyttemateriaalissa esiintyi vismuttia ja massikoa (PbO)

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Stepanovin ym. (2019) mukaan Keski-Uralilla muodostuneissa Uralin-Alaskan tyyppin vyöhykkeellisissä duniitti piipuissa on syntynyt PGM:ja magmaattisesti ja myöhäismagmaattisesti. Ensimmäisenä kiteytyi Osmium-iridium sulkeumat magmaattisen tapahtuman keskivaiheessa kiteytyi lauriitti-erlichmaniitti ja vaiheen lopussa kashiniitti ja boweiitti sekä thiospinelli-ryhmä. Jälki magmaattisessa tapahtumassa kiteytyi tulameniitti, irarsiitti-hollingworthiitti. Barkovin ym (2005) ajoittaa tulameniitti-, cooperiitti-, kuproiridsiitti- sekä Pt-rikkaan sulfarseniitti-sulkeumien syntymisen magmaattisen loppuun tai jälkimagmaattiseen tapahtumaan. Liitteessä 1 luetelluista sulkeumista Os-Ir-Ru seokset, lauriitti-erlichmaniitti, malaniitti-kuproiridsiitti ja kashiniitti ovat syntyneet samaan aikaan isoferroplatinan kanssa magman kiteytymisen eri vaiheissa. Jälkeen päin myöhäis- magmaattisessa tapahtumassa syntyi cooperiitti, irarsiitti-hollingworthiitti.

Vuijemi 14 hipussa esiintyy sperryliittisulkeuma cooperiittisulkeuman sisässä. Sperryliitti voi olla hydrotermistä alkuperää ja syntynyt serpentinisaaion aikana. Stepanovin ym. (2020) mukaan Keski-Uralilla esiintyvissä platinaupamalmeissa sperryliitti syntyi serpentinisaaion yhteydessä, samaan aikaan syntyi Pt-Fe sulfidit ja arsenidit, jotka korvasivat primäärejä mineraaleja.

Vyöhykkeellisiä lauriitti-erlichmaniitti sulkeumia tavattiin lähes jokaisessa lauriittipitoisessa isoferroplatinahipussa (liite 3C). Johanin (2006) mukaan vyöhykkeellisyys lauriitissa johtuu lämpötilan laskeutumisesta, joka muodostaa osmiumrikkaan sisuksen ja lauriittirikkaan ulkokehän. Osassa lauriitti-sulkeumia esiintyi erlichmaniittikehä tai Os-rikkaampi lauriittikehä, keskustan ollessa ruteniumrikkaampi. Zaccarinin ym. (2018) mukaan ofioliitteihin liittyvissä platinapitoisissa kromiiteissa, lauriitti alkaa rikastumaan korkeassa lämpötilassa (1310–1090) ja rikin fugasiteetin ollessa alhainen. Lämpötilan laskeutuessa $f(S_2)$ puolestaan nousee. $f(S_2)$:n ollessa riittävä osmium alkaa rikastumaan lauriittiin ja edelleen muodostaa erlichmaniittia.

Merel 3 rakeessa kashiniitti muodostaa yhdessä cooperiitin kanssa symplektiittisiä sulkeumia isoferroplatinan reunoille. Stepanovin ym. mukaan (2019) serpentinisaaion aikana kashiniitti voi alkaa korvautumaan Pt-Fe sulfideilla.

Stepanovin ym. (2019) mukaan kuproiridsiitti muodostui magmaattisen vaiheen lopussa Alaska-Uralin tyyppin intruusioissa Keski-Uralilla. Vehviläinen 34 rakeessa kuproiridsiitti esiintyy rakeen reunalla ja on päällystynyt cooperiitilla. Mineraaliseurie voi ilmentää alhaisen asteen syntytapaa.

Merel 1 rakeessa Hongshiitti esiintyy rakeessa suuntautuneina suotaumina. Törnroos & Vuorelainen (1987) ovat kuvanneet liekin mallisia hongshiittisulkeumia palladiumpitoisesta kultahipusta (Pd-Cu-Au-Pt-Fe).

Tutkituissa rakeissa irarsiitti on suuntautunut kautta hipun. Suuntautuneisuus voi syntyä lämpötilan laskiessa ja mineraalin erkaantuessa päämineraalista postmagmaattisesti (Stepanov ym. 2019). Irarsiittisulkeumat ovat hyvin iridumrikkaita.

Atokiitti ja rustenburgiitti esiintyvät Miessiollila 6 -rakeessa yhdessä irarsiittin kanssa samassa sulkeumassa. Sulkeumat ovat suuntautuneet ja ovat voineet syntyä jälkimagmaattisissa tapahtumissa. Irarsiitti luokitellaan postmagmaattisesti syntyneeksi (O'Driscoll & González-Jiménez 2016, Stepanov ym. 2019).

Miessiollila 12 Pd-Pt-Au-hippu on hieman vyöhykkeellinen. Rakenteeltaan rae eroaa selvästi muista tutkituista platinahipuista pallomaisineen olomuotoineen. Samankaltaisia hippuja on löytynyt Bom Succesion alueelta Brasiliasta. Rakeet ovat vyöhykkeellisiä ja platinapitoisuus nousee rakeen reunalle. Analyysivertailussa Bom Succesion hippuihin tulokset menevät hyvin lähelle toisiaan (kuva 35).

Merel 1 -rakeessa päämineraalina esiintyvä Au-Cu-Pd-Pt-seos on voinut syntyä magmaattisesti. Rakeessa kulta ja platina korvaavat toisiaan. Lisäksi kupari ja palladium korvaavat toisiaan. Seos sijoittuu hyvin lähelle Sotajoella ja Minas Geraisissa esiintyviä mineraaleja. Minas Geraisin rakeet ovat kuitenkin hyvin erilaisia rakenteeltaan. Sotajoen seoksen kanssa rakeella on hyvin paljon yhteisiä piirteitä, molemmissa esiintyy myös hongshiittia sulkeumina.

Marjakangas 84 -rakeessa rutenium muodostaa kristallografisesti orientoituneita suotautumia. Weiser ja Bachmann (1999) ovat kuvanneet kristallografisesti suuntautuneita Pt- ja Rh-rikkaita ruteniumsuotaumia isoferroplatinahipussa, hiput esiintyvät Aikora-joen alueella Papua-Uusi-Guineassa. Samankaltaisia suotaumia esiintyy myös Bolshoy Khailyk -joen upaesiintymässä Länsi-Sayansin alueella Venäjällä (Barkov ym 2018). Barkovin ym. (2018) mukaan Ru-suotaumia sisältävät hiput ovat lähtöisin lähellä sijaitsevasta ofioliitista.

Tolstykin ym (2005) mukaan Alaska-Uralin-tyypin iridiumsulkeuma on rikastunut platinasta, ofioliitissa puolestaan iridium on rikastunut enemmän ruteniumista. Ruteniumrikkaita iridiumia esiintyy Marjakangas 84- ja Miessiollila 11 -rakeissa. Puolestaan platinarikkaampaa Iridiumia esiintyy Puskuollikainen 1, Ivalojoki-imurimies 3-rakeissa (liite 3A)

Puskuollikainen 1 -rakeessa esiintyy päämineraaleina Os-Ir ja Pt-Fe-Cu seoksia. Samankaltaisia seoshippuja tavataan Aikora-joen alueella Papua-Uudessa-Guineassa (Weiser & Bachmann 1999). Weiser & Bachmann (1999) tulkitsevat hippujen syntyneen korkeassa lämpötilassa.

Marjakangas 99 rakeessa esiintyy hongshiitin kanssa nimeämätön mineraali (Pt₂Cu). Rakeessa Hongshiitti on suuntautunut hieman. Törnroos & Vuorelainen (1986) ovat kuvanneet samankaltaisen mineraalin Lapista.

Svetlyborskyn ja Glubokinskoe upaplatina esiintymän kaltaisia iridiumsulkeumia tavattiin Ivalojoki-imurimies 3-rakeessa. Suotaumat voivat olla primäärejä ja kiteytyivät, kun isoferroplatinahippu muodostui korkeassa lämpötilassa (Barkov ym. 2005, Stepanov ym. 2019).

Miessiollila 3 rakeessa esiintyy irarsiitin ympärillä rutiilikehä. Kehän omaavat irarsiitit sijoittuvat rakeen reunoille, rakeen sisällä esiintyvät irarsiitit eivät sisällä kehää. Tuisku (2012) on kuvannut rutiilin esiintymisestä yhdessä isoferroplatinan kanssa.

Useissa isoferroplatinoissa tavattiin silikaattisulkeumia. Sulkeumat olivat Si-, Al- ja Ca-rikkaita. Yleisin silikaattimineraali oli kvartsi ja seuraavaksi yleisimpiä erilaiset Ca-Si-O-Mg-mineraalit. Osa silikaateista on rapautunut kaoliniitiksi. Johanin ym. (2002) mukaan natriumrikas plagioklaasi ja kvartsi ovat yleisiä sulkeumamineraaleja Uralin-Alaska-tyypin intrusioissa.

Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Tutkimuksen vahvuutena on laaja-alaisuus. Näytteitä saatiin eripuolilta Lappia, jolloin alueellisia eroja saatiin selville. Analyysijä suoritettiin noin 1500 joista noin 1000 valikoitui liitteisiin. Jokainen analyysi on eri sulkeumasta.

Perinteisen malmimikroskopian tärkeys huomattiin tunnistettaessa mineralaaleja. FESEM ei välttämättä pystynyt erottamaan eri faaseja, mikäli niiden atomipainot olivat hyvin lähellä toisiaan. Tämä huomattiin varsinkin Puskuollikainen 1 -raetta tutkittaessa. Tärkeät analyysipaikat saatiin paikannettua malmimikroskoopilla luoduista kartoista

Heikkoutena voidaan pitää näytteiden käsittelylle varattua aikaa. FESEM ja EPMA-laitteille jäi suhteellisen vähän aikaa materiaaliin paljouteen nähden. FESEM-työskentely vaatii kokemusta ja ymmärrystä elektronimikroanalyyseistä. Anlayyseistä suodatettiin manuaalisesti pois alkuaineet, jotka menivät spektriessä päällekkäin platinaryhmän alkuaineiden kanssa. Kuitenkin joissain tapauksissa analyysiin pääsi näitä alkuaineita. Todellisuudessa kyseisiä alkuaineita ei esiinny mineraalissa.

8. YHTEENVETO

Pro Gradu -työssä tutkittiin Lapissa esiintyviä platinamineraaleja ja verrattiin niiden yhtäläisyyksiä maailmalla esiintyviin platinamineraaliesiintymiin.

Tutkimuksessa esiintyvät osmium-iridium-ruteniumsulkeumat ja -suotaumat syntyivät ensimmäisinä korkeassa lämpötilassa. Lämpötilan laskiessa lauriitti-erlichmaniitti kiteytyivät sulasta omiksi sulkeumiksi ja kehittyivät vyöhykkeellisiksi. Magmaattisen vaiheen lopussa kehittyivät kuproiridsiitti- ja kashiniittisulkeumat. Myöhäismagmaattisessa ja/tai hydrotermisessä tapahtumassa ovat syntyneet irarsiitti-hollingworthiitti, atokiitti, cooperiitti sekä mahdollisesti osa Pt-Fe-Cu-seoksista.

Miessiöllila 12 hippu on voinut syntyä saostumalla supergeenisesti. Samankaltaisia rakeita esiintyy Bom Sucesionin alueella Brasiliassa.

Puskuollikainen 1 rakeessa esiintyy päämineraaleina Os-Ir- ja Pt-Fe-Cu-seoksia. Samankaltaisia seoshippuja tavataan Aikora-joen alueella Papua-Uudessa-Guineassa.

Suuntautuneita sulkeumia ja suotaumia tavattiin monissa rakeissa (Merel 1). Sulkeumat ovat voineet syntyä lämpötilan laskiessa ja mineraalin erotessa isäntäsulastaan omaksi sulkeumaksi.

Kaarreoja risteys 1 hipussa esiintyvä tulameniitti voi olla syntynyt magmaattisesti. Hipun suotautumien rakenne tukee magmaattisesti syntytapaa. Ensimmäisenä kiteytyivät vaaleat rauta- ja kuparirikkaat sulkeumat. Lämpötilan laskiessa suotauman ympärille kiteytyi kuparirikas vyöhyke. Jäljelle jäänyt massa jäi suotamien ympärille.

Rutenium pitoiset rakeet (Marjakangas 84, Vehvi 57 ja Vuijemi 14, 32) voivat olla ofioliittista alkuperää. Sperryliitti rakeet voivat olla peräisin monesta eri lähtöpaikasta (kerrosintruusio, Ni-Cu-PGE-mineralisaatio).

Tutkimuksessa kävi ilmi, että Lapin platinamineraaleilla ei välttämättä ole vain yhden tyyppistä lähtöesiintymää vaan esiintymiä voi olla monenlaisia. Suotuisimmat paikat esiintymille sijaitsevat granuliittikaaren ulkopuolella olevassa Tenojokivyöhykkeen ultramaafisissa kivilajeissa. Isoferroplatinahippujen lähtöpaikka voi olla ofioliittinen, Uralin-Alaska-tyypin intruusio tai kerrosintruusio. Osa rakeiden plagioklaasisulkeumista on anortiittia. Kaoliinisulkeumat voivat olla rapautunutta plagioklaasia. Systemaattista silikaattisulkeumien analysointia ei kuitenkaan tehty.

Tutkimuksessa löydettiin Au-Hg hippuja, joita ei aikaisemmin ole kuvattu Lapista. Syntyvaltaan ja mineralogialtaan ne eroavat tunnetuista Lapin kalliokultaesiintymistä ja hipuista.

Mineraalien tunnistamisen perusteena käytettiin niiden ionisuhteita. Analyysin laskennallinen loppusumma ei vaikuttanut juurikaan ionisuhteisiin, jolloin mineraali voitiin tunnistaa luotettavasti. Diagrammit luotiin ionisuhteiden perusteella ja ne osoittautuivat toimiviksi sulkeumien vertailussa.

Työn edetessä paljastui monia jatkotutkimusaiheita. Tutkimuksesta jätettiin tarkoituksella pois Au-Hg- ja weishaniittirakeiden tarkempi tutkimus, rakeet vaatisivat lisätutkimuksia. Osasta varsin homogeenisista isoferroplatinahipuista paljastui lukuisia Iridium suotaumia, tutkimalla suotaumien pitoisuuksia voitaisiin tehdä päätelmiä mineraalin syntylämpötilasta. Isoferroplatinoissa ja sperrylittirakeissa esiintyi lukuisia silikaattisulkeumia, joista osa on plagioklaasia. Tutkimalla plagioklaasin anortiitti-albiittisuhteita voidaan tehdä päätelmiä lähtökivilajista.

9. KIITOKSET

Haluan kiittää työni valmistumisesta ohjaajaani Pekka Tuiskua, joka on auliisti jakanut tietoa Lapin mineraaleista, kullasta ja platinoista sekä kaikesta alaan liittyvästä koko opiskelu-urani ajan.

Isot kiitokset K.H Renlundin säätiölle, joka rahoitti tutkimuksen ja mahdollisti mikroanalyyysien toteutuksen.

Ilman Lapin kullankaivajia tätä työtä ei olisi koskaan tehty, heidän pyyteetön työ suomalaisen tieteen eteen ja halukkuus antaa näytteitä korvauksetta tutkimuksiin on arvokasta. Haluan erityisesti kiittää Kari ja Sirpa Merenluotoa perheineen, Maija ja Risto Vehviläistä perheineen, Kasper Von Wuthenauta, Reijo Nivalaa ja Janne Kannistoa jotka antoivat näytteitä tutkimuksia varten.

Kiitokset puolisololleni Soilelle, joka on jaksanut olla tukena ja joustaa työni tekoa varten. Vanhemmilleni ja sisaruksilleni kiitos tuesta ja ymmärryksestä kivihomea kohtaan, jotka joskus voivat tuottaa päänvaivaa.

Kiitokset ystävillemeni tuesta ja hyvistä neuvoista työtäni ja opiskeluitani kohtaan.

Kiitoksia Materiaalianalyysikeskukselle asiantuntevista neuvoista ja opastuksesta laitteiden kanssa. Erityisesti Elvi Hiltuselle Pasi Juntuselle, Leena Palmulle ja Marko Moilaselle

Kiitos asiantuntevista neuvoista Tapani Mutaselle koskien lapin platinamineralogiaa.

10. VIITELUETTELO

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W. & Nichols, M.C., Eds., Handbook of Mineralogy, Mineralogical Society of America, Chantilly, VA 20151-1110, USA.

<http://www.handbookofmineralogy.org/>. [10.05.2021]

Augé, T., 1988. Platinum-Group Minerals in the Tiebaghi and Vourinos ophiolitic complexes: genetic implications. *The Canadian Mineralogist* 26, 177-192

Barbey, P. & Raith, M., 1990. The granulite belt of Lapland. Teoksessa: Vielzeuf, D. & Vidal, Ph. (toim.). *Granulites and crustal evolution*. Kluwer Academic Publishers, Dortrecht, s. 111–132.

Baerbey, P., Convert, J., Moreau, B. Capdevila, R. & Hameurt, J., 1984: Petrogenesis and evolution of an early Proterozoic collisional orogenic belt: The granulite belt of Lapland and the Belomorides (Fennoscandia). *Bulletin of the Geological Society of Finland* 56 1—2, 161—188.

Barkov, A. & Cabri, L., 2019. Variations of Major and Minor Elements in Pt–Fe Alloy Minerals: A Review and New Observations. *Minerals* 9, 25.

Barkov, A., Fleet, M.E., Nixon, G.T., Levson, V.M., 2005. Platinum-group minerals from five placer deposits in British Columbia, Canada. *The Canadian Mineralogist* 43, 1687–1710

Barkov, A.Y., Martin, R.F., LeBarge, W. & Fedortchouk, Y. 2008a: Grains of Pt-Fe alloy and inclusions in a Pt-Fe alloy from Florence creek, Yukon, Canada: evidence for mobility of Os in a Na-H₂O-Cl-rich fluid. *The Canadian Mineralogist* 46, 343-360

Belyaev, O.A. & Kozlov, N.E., 1997. Geology, geochemistry and metamorphism of the Lapland Granulite Belt and adjacent areas in the Vuotso area, northern Finland. *Geologian Tutkimuskeskus, Tutkimusraportti* 138, 21 s.

Bowles, J., Suárez, S., Prichard, H. & Fisher, P., 2017. Weathering of PGE sulfides and Pt–Fe alloys in the Freetown Layered Complex, Sierra Leone. *Mineral Deposita* 52, 1127–1144.

Brenan, J. & Andrews, D., 2001. High-temperature stability of laurite and Ru–Os–Ir alloy and their role in PGE fractionation in mafic magmas. *The Canadian Mineralogist* 39, 341-360.

- Brownscombe, W., Ihlenfeld, C., Coppard, J., Hartshorne, C., Klatt, S., Siikaluoma, J. and Herrington, R., 2015. The Sakatti Cu–Ni–PGE sulfide deposit in northern Finland. *Tekoksessa: Maier, W.D., Lahtinen, R. & O'Brien H. (toim). Mineral deposits of Finland, Elsevier, Amsterdam, s. 211–252.*
- Cabral, A., Radtke, M., Munnik, F., Lehmann, B., Reinholz, U., Riesemeier, H., Tupinambá, M. & Kwitko-Ribeiro, R., 2011. Iodine in alluvial platinum–palladium nuggets: Evidence for biogenic precious-metal fixation. *Chemical Geology* 281, 125-132.
- Cabri, L.J., 2002. The platinum-group minerals. *Teoksessa: Cabri, L.J. (toim.). The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements. Canadian Institute of Mining Metallurgy & Petroleum Special Volume 54, s. 13–130*
- Cabri, L.J. & Laflamme J.H.G., 1974. Rhodium, platinum and gold alloys from the stillwater complex. *The Canadian Mineralogist* 12, 399-403.
- Cabri, L.J. & Laflamme, J.H.G., 1979. Mineralogy of Samples from the Lac des Iles Area, Ontario. *CANMET Report 79-27, 20 s.*
- Cabri, L.J., Harris, D.C. & Weiser, T.W., 1996. The mineralogy and distribution of platinum group mineral (PGM) placer deposits of the world. *Exploration and Mining Geology* 5, 73-167.
- Cawthorn, R.G., Merkle, R.K.W. & Viljoen, M.J., 2002. Platinum-group element deposits in the Bushveld Complex, South Africa. *Teoksessa: Cabri L.J. (toim.). The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. Special Volume 54, s. 389–429.*
- Eriksson, B., 2005. Interglasiaali- ja interstadiaalivaiheet. *Teoksessa: Johansson, P. & Kujansuu, R. (toim.). Pohjois-Suomen maaperä: maaperäkartojen 1:400 000 selitys. Summary: Quaternary deposits of Northern Finland – Explanation to the maps of Quaternary deposits 1:400 000. Espoo: Geologian tutkimuskeskus.s. 105-115*
- Eskola, P., 1952. On the granulites of Lapland. *American Journal of Science, Bowen, 1, 133–171.*
- Fleet, M.H., Almeida, C.M. & Angeli, N., 2002. Botryoidal platinum, palladium and potarite from the Bom Sucesso stream, Minas Gerais, Brazil: compositional zoning and origin. *The Canadian Mineralogist* 40, 341–355.

FQM FinnEx, 2016. Exploration work report of FQM Finnex Oy's Viuvalo (ML2013:0075) ore prospecting permit area.

Genkin, A.D., & Evstigneeva, T.L., 1986. Associations of Platinum-Group Minerals from Noril'sk Sulphide Ores. *Economic Geology* 81, 1203–1212

González-Jiménez, J.M., Griffin, W.L., Gervilla F., Proenza, J.A., O'Reilly, S.Y. & Pearson, N.J., 2014a. Chromitites in ophiolites: how, where, when, why? Part I. Origin and significance of platinum-group minerals. *Lithos* 189, 127–139

Hanski, E., 1997. The Nuttio serpentinite belt, Central Lapland: An example of Paleoproterozoic ophiolitic mantle rocks in Finland. *Ophioliti* 22, 35–46.

Hanski, E. & Huhma, H., 2005. Central Lapland greenstone belt. *Teoksessa: Lehtinen, M., Nurmi, P.A. & Rämö, O.T. (toim.). Precambrian geology of Finland key to the evolution of the Fennoscandian shield. Elsevier, Amsterdam, s. 139–193.*

Hanski, E., Huhma, H., Suominen, I.M. & Walker, R.J., 1997. Geochemical and isotopic (Os, Nd) study of the Keivitsa intrusion and its Cu-Ni deposit, northern Finland. *Teoksessa: Papunen, H. (toim.). Mineral Deposits: Research and Exploration—Where Do They Meet? Proceedings of the 4th Biennial SGA Meeting, Turku, Finland, August 11–13. A.A. Balkema, Rotterdam, s. 435–438.*

Hanski, E., Huhma, H. & Vuollo, J., 2010. SIMS zircon ages and Nd isotope systematics of the 2.2 Ga mafic intrusions in northern and eastern Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 82, 31–62.

Helovuori, O. & Vuorelainen, Y., 1962. Pyhäsalmen malmin rapautumistutkimus. Raportti Outokumpu Oy.

Hirvas, H., 1991. Pleistocene stratigraphy of Finnish Lapland. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 354, 123 s.

Hutchinson, D., Prichard, H.M. & Macleod, C.J. 1999. Evidence for partial melting and melt impregnation of mantle peridotites leading to PGM deposition: a comparison of samples from the Lizard and Troodos ophiolites and the Tonga Trench. *Teoksessa Stanley C. (Toim.). Mineral deposits: Processes to processing. Society for Geology Applied to Mineral Deposits. A London, Balkema, Rotterdam, s. 729–732*

Hyypä, J., 1981. Kemiallisten analyysien käytöstä vesien ja savien tutkimuksessa. *Geologi* 33, 38–44.

Hörmann, P.K., Raith, M., Raase, P., Ackermann, D. & Seifert, F., 1980. The granulite complex of Finnish Lapland: petrology and metamorphic conditions in the Ivalojoki-Inarijärvi area. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 308, 100 s.

Johan, Z., 2002. Alaskan-type complexes and their platinum-group element mineralization. Teoksessa: Cabri L.J. (toim.). *The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements*. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. Special Volume 54, s. 669-719.

Johan, Z., 2006. Platinum-group minerals from placers related to the Nizhni Tagil (Middle Urals, Russia) Uralian-Alaskan-type ultramafic complex: ore-mineralogy and study of silicate inclusions in (Pt, Fe) alloys. *Mineralogy and Petrology*, 87, 1-30

Johan, Z., Ohnenstetter, M., Fischer, W. & Ammosé, J., 1990. Platinum-group minerals from the Durance River alluvium, France. *Mineralogy and Petrology*, 42, 287-306.

Johansson, P., 2005. Mannerjäätikön sulamisvesien toiminta. Teoksessa: Johansson, P. & Kujansuu, R. (toim.). *Pohjois-Suomen maaperä: maaperäkarttojen 1:400 000 selitys*. Summary: Quaternary deposits of Northern Finland – Explanation to the maps of Quaternary deposits 1:400 000. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. s. 116-127

Johansson, P. & Kujansuu, R., 2005. Moreenimuodostumat. Teoksessa: Johansson, P. ja Kujansuu, R. (toim.). *Pohjois-Suomen maaperä: maaperäkarttojen 1:400 000 selitys*. Summary: Quaternary deposits of Northern Finland – Explanation to the maps of Quaternary deposits 1:400 000. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. s. 34–50

Johansson, P., 2005 Mannerjäätikön toiminta ja sen virtausuunnat. Teoksessa: Johansson, P. ja Kujansuu, R. (toim.). *Pohjois-Suomen maaperä: maaperäkarttojen 1:400 000 selitys*. Summary: Quaternary deposits of Northern Finland – Explanation to the maps of Quaternary deposits 1:400 000. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. s. 95–99

Johansson P, Kujansuu R & Mäkinen K., 2005. Sora- ja hiekka- ja hietakerrostumat. Teoksessa: Johansson, P. ja Kujansuu, R. (toim.). *Pohjois-Suomen maaperä: maaperäkarttojen 1:400 000*

selitys. Summary: Quaternary deposits of Northern Finland – Explanation to the maps of Quaternary deposits 1:400 000. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. s. 51–76

Kingston, G.A. & El-Dosuky, B.T., 1982. A contribution on the Platinum-Group mineralogy of the Merensky Reef at the Rustenburg Platinum Mine. *Economic Geology* 77, 1367-1384.

Kojonen, K., 2005. Platinamineraaleja Ivalojoelta ja Lemmenjoelta, *Prospäkkäri* 1, 16–25.

Kojonen, K., 2007. Ivalojoen alueen platinamineraaleista. *Prospäkkäri* 2, 28–33.

Kojonen, K., 2008. Lemmenjoen platinamineraaleista ja uusi mineraali, miessiitti. *Prospäkkäri* 2, 28–37.

Kojonen K., 2014. PGE ore potential in the southwestern granulite belt of Northern Finland. Teoksessa: Lauri, L. S., Heilimo, E., Leväniemi, H., Tuusjärvi, M., Lahtinen, R. & Hölttä, P. (Toim.). Current Research: 2nd GTK Mineral Potential Workshop, Kuopio, Finland, May 2014. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 207 – Geological Survey of Finland, Report of Investigation 207, 64-67.

Kojonen, K., 2019a. Havaintoja PGM-pitoisesta kerrosintruusiosta lemmenjoella granuliitin alla. 2019 *Prospäkkäri* 2, 8–19.

Kojonen, K., 2019a. Platinaryhmän alkuaineiden upamineraaleja Sotajoelta. 2019 *Prospäkkäri* 3, 24–37.

Kojonen, K., 2019a. Platinaryhmän alkuaineiden upamineraaleja Ivalojoelta, Moberginojalta ja Louhiojalta. 2019 *Prospäkkäri* 4, 19–31.

Kojonen, K., Tarkian, M., Roberts, A. C. & Heidrich, S. 2007. Miessiite, $\text{Pd}_{11}\text{Te}_2\text{Se}_2$, a new mineral species from Miessijoki, Finnish Lapland, Finland. *The Canadian Mineralogist* 45, 1221–1227

Kojonen, K., MacDonald, A., Stanley, C. & Johanson, B. 2010. Törnroosite, $\text{Pd}_{11}\text{As}_2\text{Te}_2$, a new mineral species from Miessijoki, Finnish Lapland, Finland. *The Canadian Mineralogist* 49, 1643–1651

- Krstić, S., Tarkian, M., 1997 Platinum-group minerals in gold-bearing placers associated with the Veluće Ophiolite Complex, Yugoslavia. *The Canadian Mineralogist* 35, 1–21
- Kujansuu, R., 2005. Maalajien levinneisyys ja paksuussuhteet. Teoksessa: Johansson, P. & Kujansuu, R. (toim.). Pohjois-Suomen maaperä: maaperäkarttojen 1:400 000 selitys. Summary: Quaternary deposits of Northern Finland – Explanation to the maps of Quaternary deposits 1:400 000. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. s.26-28
- Kullerud, G., Yund, R.A. & Moh, G.H., 1969. Phase relations in the Cu-Fe-S, Cu-Ni-S, and Fe-Ni-S systems. Teoksessa: Wilson, H.D.P. (toim.). *Economic Geology Monograph*. s.323-343
- Kutyrev, A.V., Kamenetsky, V.S., Sidorov, E.G., Abersteiner, A. & Chubarov, V.M., 2020. Silicate inclusions in isoferroplatinum: Constraints on the origin of platinum mineralization in podiform Chromitites. *Ore Geology Reviews*, 119,
- Kwitko R., Cabral A., Lehmann B., Laflamme G. & Cabri L., Criddle A., Galbiatti H., 2002 Hongshiite, PtCu, from Itabirite-hosted Au–Pd–Pt mineralization (Jacutinga), Itabira district, Minas Gerais, Brazil. *The Canadian Mineralogist* 40, 711-723.
- Lehtonen, M., Airo, M.-L., Eilu, P., Hanski, E., Kortelainen, V., Lanne, E., Manninen, T., Rastas, P., Räsänen, J. & Virransalo, P. 1998. Kittilän vihreäkivialueen geologia. The stratigraphy, petrology, and geochemistry of the Kittilä greenstone area, northern Finland. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 140, 144 s.
- Leibinger, S., 1996. The North-Eastern Marginal Zone of the Lapland Granulite Belt at Kaamanen, Northern Finland: Lithology and Tectono-Metamorphic Development. Unpublished Graduate Thesis, Johann-Wolfgang von Goethe-Universität, Frankfurt, 95s.
- Leshner, C.M. & Keyas, R.R., 2002. Komatiite-associated Ni-Cu-PGE Deposits: Geology, Mineralogy, Geochemistry, and Genesis. Teoksessa: Cabri, L.J. (toim.). *The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements*. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. Special Volume 54, s. 579–617.
- Makovicky, E., 2002. Ternary and quaternary phase systems with PGE. Teoksessa: Cabri, L.J. (toim.). *The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements*. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. Special Volume 54, s. 131–175.

- Makovicky, E. & Karup-Møller, S., 2000. Phase relations in the metal-rich portions of the phase system Pt-Ir-Fe-S at 1000°C and 1100°C. *Mineralogical Magazine* 64, 1047-1056
- Meriläinen, K., 1976. The granulite complex and adjacent rocks in Lapland, northern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 281, 129 s.
- Mertie, J.B., 1976: Platinum deposits of the Goodnews Bay district, Alaska. U.S. Geological Survey., Professional paper. 938.
- Mihalik, P., Hiemstra, S. A. & Villiers de, J.P.R., 1975. Rustenburgite and atokite, two new platinum-group minerals from the Merensky Reef, Bushveld igneous complex. *The Canadian Mineralogist* 13, 146–150.
- Mogessie, A., Stumpfl, E.F. & Weiblen, P.W., 1991. The role of fluids in the formation of platinum-group-minerals, Duluth Complex, Minnesota; Mineralogic, textural and chemical evidence. *Economic Geology* 86, 1506–1518.
- Murray, C.G., 1972. Zoned ultramafic complexes of the Alaskan type: Feeder pipes of Andesitic volcanoes. *The Geological Society of America Memoir* 132, 313-335.
- Mutanen, T., 1974. Kenttätutkimukset Koitelaisen alueella kesällä 1974. tutkimusraportti 15 s.
- Mutanen, T., 1979. Sodankylän kunnan valtausalueilla Bonanza 1 kaiv. rek. n:o 2513, Kaitaselkä 1 - 6 ja 8 - 9 kaiv. rek. n:o 2553 ja Karinkiselkä 1 - 2 kaiv. rek. n:o 2555 suoritettut malmitutkimukset. Tutkimustyöselostus, 7 s.
- Mutanen, T., 1997. Geology and ore petrology of the Akanvaara and Koitelainen mafic layered intrusions and Keivitsa-Satovaara layered complex, northern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 395, 233 s.
- Mueller, M., Peltonen, P., Eilu, P., Goldfarb, R. & Hanski, E., 2020. The Mustajärvi orogenic gold occurrence, Central Lapland Greenstone Belt, Finland: a telluride-dominant mineral system. *Mineralium Deposita* 55, 1625–1646
- Nekrasov, I., Lennikov, A., Zolishchak, B., Oktyabrsky, R., Ivanov, V., Sapin, V. & Taskaev, V., 2005. Compositional variations in platinum-group minerals and gold, Kondor alkaline-ultrabasic massif, Aldan shield, Russia. *The Canadian Mineralogist* 43, 637-654.

- Nironen M. & Mänttari I., 2003. Structural evolution of the Vuotso area, Finnish Lapland, Bulletin of the Geological Society of Finland 75, 93–101.
- Nixon T., Cabri L. & Laflamme G., 1990. Platinum group element mineralization in lode and placer deposits associated with the Tulameen Alaskan type complex, British Columbia. The Canadian Mineralogist 28, 503-535.
- Nurmi, P. A., Huhta, P. & Hakala, P., 1991. Rapakallio- ja moreeninäytteenoton jalometallitulokset Inarin Naukussuon alueella vuonna 1991. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 16 s.
- O'Driscoll, B. & González-Jiménez, J., 2016. Petrogenesis of the Platinum-Group Minerals. Reviews in Mineralogy & Geochemistry 81, 489-578.
- Oberthür, T., 2002. Platinum-group element mineralization of the Great dyke, Zimbabwe. Teoksessa: Cabri, L.J. (toim.). The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. Special Volume 54, s. 483-506.
- Oberthür, T., 2018. The Fate of Platinum-Group Minerals in the Exogenic Environment—From Sulfide Ores via Oxidized Ores into Placers: Case Studies Bushveld Complex, South Africa, and Great Dyke, Zimbabwe. Minerals 8, 581
- Oberthür T., Melcher F., Fusswinkel T., Kerkhof van den, A. & Sosa, G., 2018. The hydrothermal Waterberg platinum deposit, Mookgophong (naboomspruit), South Africa. part 1: geochemistry and ore mineralogy. Mineralogical magazine 82, 725–749.
- Ohnestetter, M., 1992. Platinum group element enrichment in the upper mantle peridotites of the Monte Maggiore ophiolitic massif (Corsica, France): Mineralogical evidence for ore-fluid metasomatism. Mineralogy and Petrology 46, 85-107.
- Palyanova G., 2020. Gold and Silver Minerals in Sulfide Ore. Geology of Ore Deposits 62, 383–406.
- Papunen, H., 1976. Lapin ultramafiittien geologiset, petrologiset, geokemialliset ja mineralogiset datat. Lapin nikkeli-projekti, raportti PSMT-P11/2-1976. 1836 s.

Papunen, H., Idman, H., Ilvonen, E., Neuvonen, K.J., Pihlaja, P. & Talvitie, J., 1977. Lapin ultramafiiteista. Geologinen tutkimuslaitos, tutkimusraportti 23. 87 s.

Perchuk, L.L., Gerya, T.V., Reenen van, D.D., Krotov, A.V., Safonov, O.G., Smit, C.A. & Shur, M.Yu., 2000. Comparative petrology and metamorphic evolution of the Limpopo (South Africa) and Lapland (Fennoscandia) high grade terrains. *Mineralogy and Petrology* 69, 69–107.

Prichard, H.M., Ixer, R.A., Lord, R.A., Maynard, J. & Williams, N., 1994. Assemblages of platinum-group minerals and sulfides in silicate lithologies and chromite- rich rocks within the Shetland ophiolite. *The Canadian Mineralogist* 32, 271-294.

Raith, M. & Raase, P., 1986. High grade metamorphism in the granulite belt of Finnish Lapland. Teoksessa. Dawson, J.B. Carswell, D.A., Hall, J., Wedepohl, K.H. (toim.). *The Nature of the Lower Continental Crust*. Geological Society of London. Special Publication 24, 283–295.

Ramdohr, P., 1969. *The Ore Minerals and Their Intergrowths*. Pergamon Press: Oxford, UK, s. 1174.

Reith, F., Zammit, C.C., Shar, S., Etschmann, B., Bottrill, R., Southam, G., Ta, C., Kilburn, M., Oberthür, T., Ball, A. & Brugger, J., 2016. Biological role in the transformation of platinum-group mineral grains, *Nature geoscience*, 9, 294-298.

Reith, F., Nolze, G., Saliwan-Neumann, R., Etschmann, B., Kilburn, M. R., & Brugger, J., 2019. Unravelling the formation histories of placer gold and platinum-group mineral particles from Corrego Bom Sucesso, Brazil: A window into noble metal cycling. *Gondwana Research*, 76, 246-259.

Saarinen, V., 1984. Platinalöydöistä Lapissa. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 3 s.

Salinas, R. & Tistl, M., 1991. A Tertiary zoned ultramafic complex and komatiitic basalts from Condoto, Chocó, NW Colombia, *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*. Teil 1, Allgemeine, Angewandte, Regionale und Historische Geologie 6, 1659-1678.

Salinas, R., Munoz, R., Burgath K.P, Tistl M., 1992. Mineralizaciones primarias de elementos del grupo del platino en el complejo ultramafico zonado de Alto Condoto, Choco, Colombia, Internal technical report, Medellin (INGEOMINAS) — Hanover (BGR), 216 s.

- Santaguida, F., Luolavirta, K., Lappalainen, M., Ylinen, J., Voipio, T. & Jones, S., 2015. The Kevitsa Ni-Cu-PGE Deposit in the Lapland Greenstone Belt in Finland. *Teoksessa: Maier, W., Lahtinen, R. & O'Brien, H. (toim.). Mineral Deposits of Finland. Amsterdam, Elsevier Science B.V., s. 195–210.*
- Seabrook, C., Hazel, R. & Fisher, P., 2004. Platinum-Group Minerals in the Raglan Ni-Cu-(PGE) sulfide deposit, Cape Smith, Quebec, Canada. *The Canadian Mineralogist* 42, 485-497.
- Shahmiri, M., Murphy, S. & Vaughan D.J., 1985. Structural and phase equilibria studies in the system Pt-Fe-Cu and the occurrence of tulameenite (Pt₂FeCu). *Mineralogical Magazine* 49, 547–555.
- Shcheka, G.G., Lehmann, B., Gierth, E., Gömann, K., Wallianos, A., 2004. Macrocystals of Pt-Fe alloy from the Kondyor PGE placer deposit, Khabarovskiy Kray, Russia: Trace-element content, mineral inclusions and reaction assemblages. *The Canadian Mineralogist* 42, s. 601-617.
- Stepanov, S.Y., Palamarchuk, R.S., Kozlov, A.V., Khanin, D.A., Varlamov, D.A. & Kiseleva, D.V., 2019. Platinum-Group Minerals of Pt-placer deposits associated with the Svetloborsky Ural-Alaskan type massif, Middle Urals, Russia. *Minerals* 9, 77
- Stepanov, S.Y., Palamarchuk R.S., Antonov, A.V., Kozlov, A.V., Varlamov, D.A., Khanin, D.A. & Zolotarev A.A Jr, 2020. Morphology, Composition, and Ontogenesis of Platinum-Group Minerals in Chromitites of Zoned Clinopyroxenite–Dunite Massifs of the Middle Urals. *Russian Geology and Geophysics* 61, 47–67.
- Stigzelius, H., 1986. Kultakuume: Lapin kunnan historia. Suomen matkailuliitto, Helsinki, Gummerus 251 s.
- Tarkian, M., Krstić, S., Klaska, K.-H. & Ließmann 1997. Rhodarsenide, (Rh,Pd)₂As, a new mineral. *European Journal of Mineralogy* 9, 1321-1325.
- Tarkian, M. & Prichard, H.M., 1987. Irarsite - hollingworthite solid solution series and other associated Ru-Os-, Ir-, and Rh-bearing PGM's from the Shetland ophiolite complex. *Mineralium Deposita* 22, 178-184.
- Taylor, H.P., 1967. The zoned ultramafic complexes of southeastern Alaska. *Teoksessa: Wyllie, P.J. (toim.). Ultramafic and related rocks. Wiley and Sons Inc., New York-London-Sydney, s. 97-121.*

Todd, S.G., Keith, D.W., Le Roy, L.W., Schissel, D.J., Mann, E.L. & Irvine, T.N., 1982. The J-M platinum-palladium reef of the Stillwater Complex, Montana; I, Stratigraphy and petrology. *Economic Geology* 77, 1454-1480.

Tolstykh, N., Sidorov, E.G., Laajoki, K.V.O., Krivenko, A.P. & Podlipskiy, M., 2000. The association of platinum-group minerals in placers of the Pustaya River, Kamchatka, Russia. *The Canadian Mineralogist* 38, 1251-1264.

Tolstykh, N., Sidorov, E., Krivenko, A., 2005. Placers Associated with Ural-Alaska-type Complexes. Teoksessa: Mungall J.E. (toim.). *Exploration For Platinum-group elements deposits. Mineralogical Association of Canada Short Course Series*. 35, 113-143.

Tuisku, P., 2012. Inclusions of ruthenian rutile and titanian RuO₂ in isoferroplatinum nuggets from Finnish Lapland. *The Canadian Mineralogist* 50, 511-521

Tuisku, P. & Huhma, H., 2006. Evolution of Migmatitic Granulite Complexes: Implications from Lapland Granulite Belt, Part II: Isotopic dating. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 78, 143-175.

Tuisku, P. & Makkonen, H., 1999. Spinel-bearing symplectites in Palaeoproterozoic ultramafic rocks from two different geological settings in Finland: Thermobarometric and tectonic implications. *GFF* 121, 293-300.

Tuisku, P. & Peronius, A., 2018. Lapin irtokullan alkuperästä. *Geologi* 70, 156-185.

Tuisku, P., Mikkola, P. & Huhma, H. 2006 Evolution of Migmatitic Granulite Complexes: Implications from Lapland Granulite Belt, Part I: Metamorphic geology. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, 78, 71-105.

Tuisku, P., Huhma, H. & Whitehouse, M., 2012. Geochronology and geochemistry of the enderbite series in the Lapland Granulite Belt: generation, tectonic setting and correlation of the belt. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 49, 1297-1315.

Törmänen, T., 2016. Turun yliopiston Ni-projektin datan tarkastelu. *Geologian Tutkimuskeskus, Arkistoraportti*, 24s.

- Törmänen, T., Konnunaho, J.P., Hanski, E., Moilanen, M., & Heikura, P., 2016. The Paleoproterozoic komatiite-hosted PGE mineralization at Lomalampi, Central Lapland Greenstone Belt, northern Finland. *Mineralium Deposita* 51, 411–430.
- Törnroos, R. & Vuorelainen, Y., 1987. Platinum-group metals and their alloys in nuggets from alluvial deposits in Finnish Lapland. *Lithos* 20, 491–500.
- Törnroos, R., Johanson, B. & Kojonen, K., 1996. Alluvial nuggets of platinum-group minerals and alloys from Finnish Lapland. IGCP Project 336 Symposium, Rovaniemi, Finland, August 1996, Program and Abstracts, 85–86.
- Valkama, J., & Hietala, S., 2020. Kaitaselkä kvartsi-kalsedonijuoneen liittyy myös kulta. *Prospäkkäri* 3. 12-17
- Vilen, J., 1999. Granuliittikaaren lounaisreunavyöhykkeen ultramafisista kivistä. *Lisensiaatintutkielma*, Turun yliopisto, geologian laitos, geologia ja mineralogia s.147.
- Weiser, T., 2002. Platinum-group minerals (PGM) in placer deposits. Teoksessa: Cabri, L.J. (toim.). *The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements*. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. Special Volume 54, s. 721-756.
- Weiser, T. & Bachmann, H-G., 1999. Platinum-group minerals from the Aikora river area. Papua New Guinea. *The Canadian Mineralogist* 37, 1131-1145.
- Zaccarini, F., Garuti G., Cawthorn, G., 2002. Platinum-group minerals in chromitite xenoliths from the Onverwacht and Tweefontein ultramafic pipes, eastern Bushveld Complex, South Africa. *The Canadian Mineralogist* 40, 481-497.
- Zhmodik, S.M., Nesterenko, G.V., Airiyants, E.V., Belyanin, D.K., Kolpakov, V.V., Podlipsky, M.Yu., & Karmanov, N.S., 2016. Alluvial platinum-group minerals as indicators of primary PGE mineralization (placers of southern Siberia). *Russian Geology and Geophysics* 57, 1437–1464.
- Zaccarini, F., Garuti, G., Pushkarev, E., Thalhammer, O., 2018. Origin of Platinum Group Minerals (PGM) Inclusions in Chromite Deposits of the Urals. *Minerals* 8(9), 379

LIITTEET

Liite 1

Paikka	päämineraali	Sulkeumat	Paikka	päämineraali	Sulkeumat
Merenluoto	Isoferroplatina	lauriitti-erlichmaniitti kashiniitti cooperiitti/braggiitti irarsiitti malaniitti-cuproidsiitti cubaniitti magneettikiisu kuparikiisu	Sotajoki	Isoferroplatina	lauriitti-erlichmaniitti irarsiitti cooperiitti/braggiitti malaniitti-cuproidsiitti rhodarseniitti osmium rutenium
	Pd-Pt-Cu-Au	hongshiitti iridium	Raahenpirtti	Isoferroplatina	lauriitti irarsiitti rh-irarsiitti malaniitti
	Osmium		Ivalojoiki (luhta)	Isoferroplatina	lauriitti-erlichmaniitti hollingworthiitti irarsiitti rh-irarsiitti osmium iridium
	Sperylliitti	tongxiniitti cu-isoferroplatina Platina		Osmium/rutheniridosminiite	iridium
Kaarreoja	Isoferroplatina	lauriitti	Zellberg	isoferroplatina	lauriitti-erlichmaniitti Osmium
	Pd-Pt-Cu	Pt-Fe-Cu pd-pt-fe-cu pd-cu-pt	Vuolijoki	Isoferroplatina	lauriitti-erlichmaniitti cooperiitti/braggiitti hollingworthiitti-irarsiitti rutenium osmium
Miessioja	Isoferroplatina	lauriitti-erlichmaniitti irarsiitti rh-irarsiitti cooperiitti/braggiitti Atokiitti osmium	Palsinsivu	Isoferroplatina	erlichmaniitti
	Pd-Pt-Cu	Pd-Pt-Au pd-pt			
Marjakankangas	Rh-isoferroplatina	lauriitti rhodarseniitti rutheniridosminiitti osmium rutenium			
	Hongshite	Cu-Pt			
Puskuolikainen		Os-Ir-Ru iridium Rutheniridosminiitti pt-fe-cu			

Liite 2

PGM upaesiintymät jotka liittyvät alaskan-tyyppisiin intruusioihin	Paikka	Pää platinamineraalit	Osittain esiintyvänä PGM
	Choco, Columbia	Pt-Fe seokset	Tulanemiitti Osmium, Iridium Braggiitti-cooperiitti Lauriitti-Erichmaniitti boweiitti, kashinite irarsiitti-hollingworthite-sarja, sperylliitti, cuproiridsiitti-cuprohodiitti-sarja, keithconniitti, kotulskiitti stibiopalladiniitti, PGE oksidi
	Goodnews Bay, Alaska, Yhdysvallat	Pt-Fe seokset	osmium, iridium, cooperiitti, lauriitti, boweiitti, kashiniitti, hollingworthiitti, cuproiridsiitti, sperylliitti, mertieitti-II
	Tulameen river, B.C., Kanada	Isoferroplatina, puhdas platina, ferroan platina	Tetraferroplatina, tulameniitti, Cu-Pt seos, Pt-Fe-Cu-Ni seos, osmium, iridium, rutheniridosmine, cooperiitti, lauriitti, erlichmaniitti, irarsite-hollingworthiitti-sarja, sperylliitti, tolovkite, genkiitti, geversiitti,
	Keski Uralit, Venäjä	Pt-Fe seokset	Tulameniitti, Os-Ir-Ru seokset, cooperiitti, lauriitti, erlichmaniitti, boweiitti, kashiniitti, irarsiitti, malaniitti, rhodplumsiitti
	Konder massiivi, Aldan shield, Russia	Pt-Fe seokset	tetraferroplatina, tulameniitti, hongshiitti, zvyangitseviitti, braggiitti-cooperiitti, lauriitti, erlichmaniitti, konderiitti, inaglyiitti, irarsiitti-hollingworthiitti-sarja, cuproiridsiitti-cuprohodiitti-sarja, mertieite,geversiitti
	Fifield,N.S.W., Australia	Isoferroplatina	osmium, iridium, lauriitti, boweiitti, kashiniitti, cuprohodiitti
	Yubdo, Etiopia	Isoferroplatina	Tetraferroplatina, tulameniitti, osmium, lauriitti, erlichmaniitti, boweiitti, irarsiitti-hollingworthiitti-sarja, genkiniitti, stibiopalladiniitti

PGM upaesiintymät jotka liittyvät stratiformeihin komplekseihin	Paikka	Pää platinamineraali	Osittain esiintyvä PGM
	Bushveld Complex, Etelä Afrikka	Pt-Fe seokset	Pt-Pd seokset Sb, Sn, Pb kanssa, plumbopalladiniitti, braggiitti-cooperiitti, lauriitti, sperylliitti, stibiopalladiniitti
	Freetown Layered complex, Sierra Leone	Isoferroplatina	tulameniitti, osmium, vysotskiitti, prassoiitti, lauriitti, erlichmaniitti, cuprorhodosiitti, keithconniitti
	Great Dyke, Zimbabwe	Pt-Fe seokset sperylliitti	Pt-Pd-Fe seokset, Ir-Ru seokset, athenaiitti, isomertieitti

PGM upaesiintymät jotka liittyvät ofioliittikomplekseihin	paikka	Pää platinamineraalit	Osittain esiintyvä PGM
	Chindwin Basin, Burma	Osmium, rutheniridosmine, ruthenium, Pt-Fe-seokset	Iridium, tulameeniitti, braggiitti-cooperiitti, lauriitti, erlichmaniitti, boweiitti, kashiniitti, irarsite-hollingworthiitti-sarja, keithconniitti, geversiitti,
	Aikora River, Papua New Guinea	Osmium, rutheniridosmine ruthenium	Iridium, Pt-Fe seokset, tulameniitti, lauriitti, irarsiitti-hollingworthiitti-sarja, sperylliitti, moncheiitti, Ru-Os-Ir oksidi
	New Caledonia ophiolite complex, New Caledonia	Isoferroplatina	Os-Ir-Ru- seokset, tulameniitti, cooperiitti, lauriitti, erlichmaniitti, boweiitti, irarsiitti-hollingworthiitti-sarja, sperylliitti, stibiopalladiniitti, PGE

Kuva 3. Platinaupamalmien tyyppi esiintymät ja niiden yleisimmät platinamineraalit. suomennettu (weiser T. 2002)

PGM jotka liittyvät Ni-malmeihin	Paikka	Pää platinamineraali	osittain esiintyvä PGM
Komatiittiset	Kambalda Länsi-Australia	Sperrylliitti Moncheiitti	Sudburyiitti Merenskyiitti Stibiopalladiniitti Palladoarseniitti Micheneriitti testibiopalladiniitti
	Raglan Kanada	Sperrylliitti sudburyiitti merenskyiitti	Moncheiitti temagamiitti maslovite hollingworthiitti maucherite micheneriitti
Magmaattiset	Norilsk-Talnakh Venäjä		Tetraferroplatina Atokite cabriitti froodiitti insizwaiitti isomertieite majakiitti maslovite michenerite palarstanide palladoarsenide paolovite sobolevskite stannopalladinite pasavaiitti stibiopalladiniitti taimyriitti plumbopalladiniitti polaritiitti urvantseviitti zvyagintseviitti
	Aguablanca Espanja		Merenskyiitti meloniitti micheneriitti moncheiitti sperrylliitti
	Duluth Minnesota USA		Sperrylliitti taimyriitti froodiitti micheneriitti moncheiitti
	Sudbury igneous complex Kanada	pt-sn seos Sperrylliitti	masloviitti froodiitti micheneriitti moncheiitti

Kuva 4. Ni-Cu-PGE malmeja ja niissä esiintyvät platinamineraalit. Lähteet: Seabrook ym. 2004, O'Discoll & González-Jiménez 2016, Mogessie et al. 1991

Liite 3
A Isoferroplatina/ tetraferroplatina

Isoferplatina/Tetraferroplatina		Ionen määrä 4-ionin perusteella										Alkuaineiden pitoisuudet %											
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen		Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	O
Vuijemi 6	1/ 16	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,87	1,13	-	102,19	-	-	-	-	-	91,82	10,37	-	-
	1/ 41	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	0,15	-	-	2,72	1,14	-	103,88	-	-	2,59	-	-	90,46	10,83	-	-
	1/ 59	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	0,16	-	-	2,53	1,10	-	100,63	-	-	2,80	-	-	86,47	10,75	-	0,60
	1/ 106	Päämineraali			Rh-isoferroplatina	-	-	0,11	-	-	2,63	0,98	-	108,65	-	-	2,18	-	-	95,42	10,21	-	0,83
PuskuOllikainen 1	1/ 137	Sulkeuma 1/2	Rakeen reuna		Cu-isoferroplatina	-	-	-	-	-	3,27	0,43	0,30	100,00	-	-	-	-	-	93,67	3,54	2,79	-
			Sulkeuma 2/1 vierestä			-	-	-	-	-	3,27	0,43	0,29	99,47	-	-	-	-	-	93,23	3,51	2,73	-
	1/ 140	Sulkeuma 2/1/2	Tummasta kehästä		cu-isoferroplatina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				Tumma kohtaa rakeen reunan ja vaalean välissä			-	-	-	-	-	3,26	0,45	0,29	102,83	-	-	-	-	96,24	3,81	2,78	-
Imumies vallojoki 6	1/ 144	Sulkeuma 2/3/4			cu-isoferroplatina	-	-	-	-	-	3,26	0,44	0,31	102,72	-	-	-	-	-	96,07	3,70	2,95	-
	1/ 149	Sulkeuma 3/2	Tumma ptkä Sulkeuma		cu-isoferroplatina	-	-	-	-	-	2,46	0,29	0,24	99,38	-	-	-	-	-	93,18	3,19	3,00	-
	1/ 157	Sulkeuma 1/3	Tummasta osasta		cu-isoferroplatina	-	-	-	-	-	2,95	1,05	-	99,96	-	-	-	-	-	90,67	9,29	-	-
	2/ 14	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,91	1,09	-	96,19	-	-	-	-	-	86,89	9,30	-	-
Vuijemi 32	2/ 27	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	2,95	1,05	-	118,20	-	-	-	-	-	107,22	10,98	-	-
Messiolla	2/ 43	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2/ 85	Sulkeuma 19/1/2			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,98	1,02	-	104,33	-	-	-	-	-	95,04	9,29	-	-
Messiolla3	2/ 120	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,97	1,03	-	99,66	-	-	-	-	-	90,69	8,98	-	-
	2/ 123	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,99	0,99	-	99,19	-	-	-	-	-	84,19	8,01	-	6,99
Vuijemi 2	2/ 130	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,95	1,05	-	105,97	-	-	-	-	-	96,12	9,85	-	-
	2/ 141	Reuna			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,94	1,06	-	103,39	-	-	-	-	-	93,73	9,66	-	-
Messiolla 9	3/ 1	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,93	1,07	-	100,00	-	-	-	-	-	90,58	9,42	-	-

Isoferroplatina/Tetraferroplatina					Ionien määrä 4:ionin perusteella										Alkuaineiden pitoisuudet %									
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	O	
Miesiollilla 10	3/ 28	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,99	1,01	-	113,90	-	-	-	-	-	-	103,79	10,10	-	
Miesiollilla 5	3/ 73	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,91	1,09	-	99,68	-	-	-	-	-	-	90,00	9,68	-	
	3/ 91	Sulkeuma 3/1	Keskellä primaari		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	0,09	-	-	-	3,08	0,84	-	94,56	-	1,28	-	-	-	-	86,56	6,73	-	
	3/ 110	Sulkeuma 9/1	Vaalea mineraali		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	0,14	2,77	1,09	-	100,61	-	-	-	-	4,22	86,65	9,75	-	-	
Miesiollilla 11	3/ 122	Sulkeuma 3/1	Vaalea kehä Sulkeuman ympärillä		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,92	1,08	-	99,11	-	-	-	-	-	-	89,61	9,50	-	
	3/ 127	Sulkeuma 5	Hyvin vaikeaa erottaa ympäröivästä massasta		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,86	1,07	0,07	99,10	-	-	-	-	-	-	88,92	9,50	0,67	
Miesiollilla 13	3/ 141	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,91	1,09	-	119,35	-	-	-	-	-	-	107,78	11,57	-	
Miesiollilla 16	3/ 150	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,93	1,07	-	102,53	-	-	-	-	-	-	92,88	9,65	-	
Miesiollilla 8	3/ 152	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,92	1,08	-	100,26	-	-	-	-	-	-	90,61	9,65	-	
	3/ 159	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,96	1,04	-	103,78	-	-	-	-	-	-	94,26	9,52	-	
Miesiollilla 2	4/ 7	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,96	1,04	-	99,74	-	-	-	-	-	-	90,66	9,07	-	
Miesiollilla 6	4/ 10	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	0,08	-	-	-	-	2,87	1,05	-	105,92	1,51	-	-	-	-	-	94,51	9,90	-	
Miesiollilla 18	4/ 82	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	3,00	1,00	-	101,65	-	-	-	-	-	-	92,82	8,82	-	
Ivalojoki inurimies 10	4/ 157	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,96	1,04	-	Total	-	-	-	-	-	-	99,74	9,98	-	
Vuolampi 1	4/ 170	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,98	1,02	-	134,80	-	-	-	-	-	-	122,78	12,02	-	
	4/ 175	Sulkeuma 2/3	Sulkeuman ala puolelta		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,94	0,98	0,07	98,08	-	-	-	-	-	-	88,86	8,49	0,73	
	4/ 177		Päämineraalin ja harmaan töhkän välissä		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,96	1,04	-	101,72	-	-	-	-	-	-	92,38	9,34	-	
Vuolampi 9	4/ 187	Päämineraali	Sulkeuma 3		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,97	1,03	-	113,60	-	-	-	-	-	-	103,39	10,21	-	
Vuolampi 7	4/ 208	Päämineraali	Hyvin haikaa harmaa täpliä.		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,96	1,04	-	99,13	-	-	-	-	-	-	90,06	9,06	-	
Vuolampi 3	4/ 210	Päämineraali/rakkeen reuna			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,94	1,06	-	101,00	-	-	-	-	-	-	91,56	9,44	-	

Isoferroplatina/Tetraferroplatina			Ionen määrä 4-ionin perusteella											Alkuaineiden pitoisuudet %										
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	O	
Zellbewg muori 2	5/ 1	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	3,00	1,00	-	112,51	-	-	-	-	-	-	102,71	9,80	-	
	5/ 34	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,95	1,05	-	103,40	-	-	-	-	-	-	93,83	9,57	-	
Raahenpiirtti2			Omamuotoinen Sulkeuma, ympäröi pristaleinen kehä	Keskeltä	Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,94	1,06	-	101,99	-	-	-	-	-	-	92,44	9,55	-	
	5/ 60	Sulkeuma 18	Sulkeumassa kaksi osaa vaalea ja tumma, tummennee reunalle																					
Ivalojoki Imurimies 2	5/ 66	Sulkeuma 22/1		Vaalean osan keskeltä	Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,94	1,06	-	100,37	-	-	-	-	-	-	90,99	9,38	-	
	5/ 71	Päämineraali		mentäessä	Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,92	1,08	-	104,25	-	-	-	-	-	-	94,28	9,96	-	
Ivalojoki Imurimies 3	5/ 92	Päämineraali	Pieniä pisaran mallisia Sulkeuma		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,98	1,02	-	100,70	-	-	-	-	-	-	91,75	8,95	-	
	5/ 107	Sulkeuma 1	Pitkulan mallinen Sulkeuma		isoferroplatina (Os Ir)	-	-	-	1,30	0,45	3,19	1,06	-	101,33	-	-	-	24,65	8,56	62,18	5,93	-	-	
Vuijemi 19	5/ 105	Sulkeuma 4	Pitkulan mallinen Sulkeuma		isoferroplatina (Os Ir)	-	-	-	0,86	0,45	2,79	0,90	-	102,49	-	-	-	19,82	10,44	66,13	6,11	-	-	
	5/ 106	Sulkeuma 5	Pitkulan mallinen Sulkeuma		isoferroplatina (Os Ir)	-	-	-	0,70	0,27	3,00	1,04	-	101,92	-	-	-	16,37	6,31	72,10	7,14	-	-	
Korpikoskipälsinsivu 2	5/ 109	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,94	1,06	-	101,24	-	-	-	-	-	91,75	9,49	-	-	
Vuijemi8	5/ 135	Sulkeuma 4	Reunan ja Sulkeuma 2-3 välinen massa		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,94	1,06	-	107,06	-	-	-	-	-	97,07	10,00	-	-	
	5/ 152	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,98	1,02	-	104,24	-	-	-	-	-	94,90	9,34	-	-	
Vuijemi 28	5/ 156	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,94	1,06	-	108,01	-	-	-	-	-	97,94	10,07	-	-	
	5/ 169	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,95	1,05	-	107,89	-	-	-	-	-	97,97	9,92	-	-	
Vuijemi 33	5/ 210	Sulkeuma 7/1	Pitkulainen		Rh-isoferroplatina	-	-	0,14	-	-	2,47	0,96	-	96,66	-	-	2,50	-	-	83,68	9,28	-	1,20	
	5/ 213	Päämineraali			Rh-isoferroplatina	-	-	0,18	-	-	2,75	1,07	-	100,66	-	-	2,99	-	-	87,91	9,76	-	-	
Marjakangas84	5/ 226	Sulkeuma 18/2	Vaalea Sulkeuma			-	-	0,20	-	-	2,45	0,96	-	101,55	-	-	3,67	-	-	86,95	9,77	-	1,16	
	5/ 233	Päämineraali	tummassa massassa		rh-isoferroplatina	-	-	0,20	-	-	2,73	1,08	-	99,53	-	-	3,33	-	-	86,43	9,76	-	-	
Meeri 12	6/ 6	Päämineraali	Pitkulainen, suotauma		Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,90	1,10	-	98,41	-	-	-	-	-	88,77	9,64	-	-	

Isoferroplatina/Tetraferroplatina			Ionien määrä 4-ionin perusteella										Alkuaineiden pitoisuudet %										
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	O
Merel 3	6/32	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,98	1,02	-	103,53	-	-	-	-	-	-	94,28	9,25	-
	6/46	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,97	1,03	-	101,77	-	-	-	-	-	-	92,62	9,15	-
	6/56	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,96	1,04	-	100,13	-	-	-	-	-	-	91,00	9,13	-
	6/95	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,98	1,02	-	100,71	-	-	-	-	-	-	91,68	9,03	-
Luh 2	6/204	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,95	1,05	-	106,22	-	-	-	-	-	-	96,44	9,77	-
	6/211	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,94	1,06	-	95,81	-	-	-	-	-	-	86,81	9,00	-
Merel 2	6/224	Päämineraali			isoferrolatina	-	-	-	-	-	2,90	1,10	-	92,24	-	-	-	-	-	-	83,20	9,04	-
	6/258	päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,83	1,17	-	101,46	-	-	-	-	-	-	90,72	10,73	-
				Reunan tuntumassa oleva sulkeuma	vaalea	Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,90	1,10	-	97,89	-	-	-	-	-	88,28	9,61	-
	6/263	Sulkeuma 5/1				-	-	-	-	-	2,91	1,09	-	100,56	-	-	-	-	-	-	90,88	9,69	-
	6/265	Sulkeuma 5/3		Reunan tuntumassa oleva Sulkeuma	Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,92	1,08	-	103,47	-	-	-	-	-	-	93,56	9,91	-
	6/266	Sulkeuma 6		Reunan tuntumassa oleva sulkeuma	Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,97	1,03	-	95,62	-	-	-	-	-	-	87,01	8,60	-
Merel 20	6/289	Sulkeuma 6/5		reunasta	Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,93	1,07	-	93,47	-	-	-	-	-	-	84,65	8,82	-
Merel 28	7/7	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,51	0,82	0,52	89,54	-	-	-	-	-	-	75,78	7,06	5,12
Merel 14	7/39	Sulkeuma 5/8			Cu- isoferroplatina	-	-	-	-	-	2,61	0,92	0,28	97,76	-	-	-	-	-	-	84,32	8,20	4,24
	7/51				cu-isoferroplatina	-	-	-	-	-	2,72	1,28	-	73,19	-	-	-	-	-	-	64,48	8,72	-
Vehvi 107	7/86	Sulkeuma 8		Päämineraali	isoferroplatina	-	-	-	-	-	2,93	1,07	-	100,83	-	-	-	-	-	-	91,28	9,54	-
Vehvi29	7/115	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,96	1,04	-	99,65	-	-	-	-	-	-	90,57	9,08	-
Vehvi 34	7/278	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	3,00	1,00	-	100,27	-	-	-	-	-	-	91,52	8,76	-
Vehviläinen 21	7/300	Sulkeuma 1/3		Vaalea	Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	3,00	1,00	-	100,27	-	-	-	-	-	-	91,52	8,76	-
Vehviläinen 23	7/303	Päämineraali			Isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	3,00	1,00	-	90,70	-	-	-	-	-	-	82,78	7,92	-

Isoferroplatina/Tetraferroplatina		Ionien määrä 4:ionin perusteella										Alkuaineiden pitoisuudet %													
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	O		
Vehviläinen 24	7/ 305	Päämineraali			isoferrolatinum	-	-	-	-	-	2,99	1,01	-	100,75	-	-	-	-	-	-	91,86	8,89	-		
	7/ 311	Sulkeuma 5/2		Vaalea	isoferrolatinum	-	-	-	-	-	2,70	1,07	-	95,16	-	-	-	-	-	-	82,69	9,37	3,10		
	7/ 312	Sulkeuma 5/3		Vaalea Sulkeuman	isoferrolatinum	-	-	-	-	-	2,89	1,03	-	101,85	-	-	-	-	-	-	89,92	9,16	2,77		
Merel 14	7/ 23	Sulkeuma 5/2		Vierasmuoroinen	Cu-isoferroplatina	-	-	-	-	-	2,80	0,95	0,20	102,81	-	-	-	-	-	-	91,26	8,82	2,10		
Miessiolilla 11	3/ 129	Sulkeuma 6/2		Sulkeuman sisällä	isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,19	0,81	-	97,49	-	-	-	-	-	-	88,11	9,38	-		
Miessiolilla 16	3/ 142	Päämineraali			isoferroplatina Cu	-	-	-	-	-	2,41	0,90	0,08	110,94	-	-	-	-	-	-	97,47	10,42	1,02		
Miessiolilla 6	4/ 41	Sulkeuma 19/2		Ulkoreuna	isoferroplatina/tetraferroplatina	-	-	-	-	-	2,19	0,81	-	95,65	-	-	-	-	-	-	86,52	9,13	-		
Marjakangas84	5/ 209	Sulkeuma 6/2		Pitkulainen	Analyyysi vaaleammasta	-	0,26	0,13	0,20	0,12	1,43	0,62	-	99,13	-	6,24	3,20	9,10	5,52	66,08	8,11	-	0,88		
Merel 2	6/ 256	Päämineraali			isoferroplatina	-	-	-	-	-	2,86	1,14	-	101,54	-	-	-	-	-	-	91,12	10,42	-		
Merel 14	7/ 40	Sulkeuma 5/9			isoferroplatina?	-	-	-	-	-	2,72	0,92	0,28	90,08	-	-	-	-	-	-	78,96	7,62	2,61		
EPMA-analyysi						Ionien määrä 4:ionin perusteella										Alkuaineiden pitoisuudet %									
Nimi	Spectrum	Päämineraali/Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	O		
Puskuoilikkainen 1	E/1	sulkeuma	-		Cu-isoferroplatina	-	-	-	-	-	2,42	0,26	0,32	100,00	-	-	-	-	93,10		2,91	3,99			

B) Ru-Ir-Os seokset

Ru-Ir-Os-seokset			Ionien määrä 1:n ionin perusteella												Alkuaineiden pitoisuudet %											
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Re	Fe	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Re	Fe	S		
Vuijemi14	1/ 70	Sulkeuma 16/1	Pisara, suuntautuneet isossa mittakaavassa, suotauma	Keskeltä	Rutenium	-	0,57	0,07	0,17	0,16	0,03	-	-	-	97,73	-	42,21	4,89	24,18	22,08	4,37	-	-	-		
	1/ 71	Sulkeuma 16/2		Reunasta	Rutenium	-	0,62	0,07	0,13	0,18	-	-	-	-	94,60	-	46,37	5,34	17,82	25,06	-	-	-			
	1/ 72	Sulkeuma 17	Pitkulainen, suuntautunut isossa mittakaavassa suotauma		Rutenium	-	0,63	0,06	0,14	0,17	-	-	-	-	88,36	-	43,54	4,05	17,95	22,82	-	-	-			
	1/ 82	Sulkeuma 21	Rapautunut sulkeuma, lauriitin ympäröimä		Rutenium	-	0,68	-	0,16	0,15	-	-	-	-	80,46	-	42,69	-	19,39	18,38	-	-	-			
	1/ 107	Sulkeuma 24	Rapautunut pitkulainen sulkeuma, lauriitin ympäröimä	Keskus ei rapautunut mutta keskustan ja päämineraalin väli on	Rutenium	-	0,62	0,06	0,14	0,14	0,03	-	-	-	95,28	-	46,07	4,69	19,64	19,97	4,91	-	-			
Vuijemi 32	1/ 112	Sulkeuma 29	Pitkulainen		Rapautumaton	Rutenium	-	0,69	-	0,16	0,15	-	-	-	88,98	-	48,40	-	20,81	19,76	-	-	-			
	2/ 28	Sulkeuma 1	Pitkulainen, suuntautunut, suotauma		Rutenium	-	0,43	-	0,28	0,22	-	-	-	-	92,53	-	28,94	-	34,72	28,10	-	-	-			
	2/ 30	Sulkeuma 2	Pitkulainen, suuntautunut, suotauma	Reunasta	Rutenium	-	0,48	-	0,26	0,26	-	-	-	-	88,00	-	28,62	-	29,81	29,56	-	-	-			
	2/ 31	Sulkeuma 3	Pitkulainen, suuntautunut, suotauma	Reunasta	Rutenium	-	0,46	-	0,28	0,26	-	-	-	-	93,44	-	28,87	-	33,05	31,52	-	-	-			
	2/ 37	Sulkeuma 2/2		hieman keskenmältä	Rutenium	-	0,48	-	0,27	0,25	-	-	-	-	86,97	-	28,50	-	30,33	28,14	-	-	-			
Marjakangas 84	2/ 39	Sulkeuma 3/2		hieman keskenmältä	Rutenium	-	0,42	-	0,27	0,24	-	-	-	-	91,09	-	27,80	-	33,31	29,26	-	-	-			
	5/ 202	Sulkeuma 1	Pitkulainen, Suuntautunut, suotauma		Rutenium	-	0,55	0,04	0,12	0,20	-	-	-	-	96,50	-	43,49	3,11	18,29	30,60	-	-	-			
	5/ 204	Sulkeuma 3/1	Pitkulainen, suuntautunut, suotauma		Rutenium	-	0,41	0,04	0,37	0,14	0,02	-	-	0,01	95,79	-	26,79	2,42	45,35	17,93	2,79	-	0,50			
	5/ 205	Sulkeuma 3/2			Rutenium	-	0,64	0,04	0,09	0,20	0,03	-	-	0,01	102,68	-	51,17	3,25	13,37	29,96	4,34	-	0,59			
	5/ 206	Sulkeuma 4	Pitkulainen, suuntautunut, suotauma		Rutenium	-	0,60	0,04	0,12	0,22	0,01	-	-	-	98,12	-	44,35	3,39	17,23	31,61	1,54	-	-			
	5/ 207	Sulkeuma 5	Pitkulainen, suuntautunut, suotauma, hiuksen ohut		Rutenium	-	0,57	0,05	0,13	0,25	0,00	-	-	-	97,66	-	41,71	3,68	17,82	34,67	-	0,22	-			
	5/ 208	Sulkeuma 6/1	Pitkulainen, Rakeen reunassa. sisässä tetraferroplatina?	Pieni vyöhyke vaaleammasta tummempaan analyysi tummemmasta	Rutenium	-	0,61	0,05	0,12	0,22	-	-	-	-	99,44	-	46,10	3,67	17,38	32,29	-	-	-			
	5/ 211	Sulkeuma 7/2	Pitkulainen, suuntautunut, suotauma	tummemmasta	Rutenium	-	0,55	0,04	0,11	0,20	-	-	-	-	91,90	-	41,80	3,41	16,02	29,54	-	-	-			
	5/ 212	Sulkeuma 8	Pitkulainen, suuntautunut, suotauma	pieni tumma luiro	Rutenium	-	0,44	0,05	0,33	0,15	0,02	-	-	0,02	92,48	-	28,51	3,06	39,69	17,85	2,74	-	0,63			
	5/ 216	Sulkeuma 9/2	Pitkulainen, suuntautunut, suotauma	Analyyysi vaaleammasta	Rutenium	-	0,62	0,04	0,09	0,22	0,02	-	-	-	97,04	-	46,62	3,21	12,84	31,65	2,71	-	-			
	5/ 224	Sulkeuma 17	Pitkulainen, suuntautunut, suotauma, hiuksen ohut		Rutenium	-	0,62	-	0,06	0,24	-	-	-	-	90,70	-	47,53	-	8,00	34,16	-	-	-			

Ru-Ir-Os-seokset	Nimi	Spectrum	Pämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Ionien määrä 1:n ionin perusteella											Alkuaineiden pitoisuudet %						
							Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Re	Fe	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Re	Fe
Marjakangas84	5/ 225	Sulkeuma 18/1	Pitkulainen, rakeen reunassa			Rutenium	-	0,62	0,05	0,09	0,23	0,01	-	-	-	-	99,34	-	47,36	3,58	12,87	33,85	1,69	-
	5/ 227	Sulkeuma 18/3	18/2 sisällä olevatuma sulkeuma			Rutenium	-	0,54	0,04	0,11	0,20	0,03	-	-	-	-	93,88	-	40,76	3,20	16,08	28,40	4,52	-
	5/ 229	Sulkeuma 18/5	Sulkeuman 18 ylin osa tummasta kohtaa			Rutenium	-	0,61	0,05	0,12	0,23	-	-	-	-	-	96,23	-	44,74	3,68	16,03	31,78	-	-
	5/ 234	Sulkeuman 18 rajalta				Rutenium	-	0,43	0,03	0,24	0,16	0,09	-	-	-	0,05	98,16	-	29,82	2,15	31,29	20,42	12,66	-
	5/ 237	Sulkeuma 23/1	Moni faasinen Vierasmuotoinen, vyöhykkeellinen			Rutenium	-	0,55	0,03	0,04	0,21	0,06	-	-	-	0,03	104,11	-	46,83	3,00	6,70	35,04	10,20	-
	5/ 238	Sulkeuma 23/2/1				Rutenium	-	0,45	0,05	0,34	0,14	0,02	-	-	-	-	90,86	-	28,09	3,30	40,23	17,11	2,13	-
	5/ 242	Sulkeuma 23/2/2				Rutenium	-	0,49	0,05	0,27	0,18	0,02	-	-	-	-	90,09	-	30,85	2,96	32,33	21,53	2,42	-
	5/ 243	Sulkeuma 23/5				Rutenium	-	0,54	0,03	0,10	0,23	0,01	-	-	-	-	101,81	-	44,83	2,83	16,33	35,47	1,19	-
	5/ 244	Sulkeuma 23/2/3				Rutenium	-	0,43	0,04	0,36	0,14	0,03	-	-	-	-	91,34	-	26,77	2,66	41,91	16,71	3,30	-
	7/ 201	Sulkeuma 1	Pitkulainen, suuntautunut			Rutenium	-	0,59	-	0,28	0,13	-	-	-	-	-	89,51	-	38,64	-	34,41	16,46	-	-
Vehvi 57	7/ 202	Sulkeuma 2/1	Vierasmuotoinen, pisaranmallinen, kristallografisesti suuntautunut isossa kaavassa			Rutenium	-	0,67	0,10	0,10	0,13	-	-	-	-	-	98,57	-	54,63	8,61	14,78	20,56	-	-
	7/ 204	Sulkeuma 3/1	Pitkulainen, suuntautunut			Rutenium	-	0,64	0,10	0,11	0,10	0,06	-	-	-	-	104,76	-	53,83	8,62	17,31	15,92	9,08	-
	7/ 207	Sulkeuma 5/1	Vierasmuotoinen pisaranmallinen, suuntautunut isossa kaavassa			Rutenium	-	0,68	0,10	0,09	0,13	-	-	-	-	-	94,68	-	54,17	8,11	12,91	19,49	-	-
	7/ 208	Sulkeuma 5/2				Rutenium	-	0,61	-	0,25	0,14	-	-	-	-	-	93,25	-	41,91	-	32,75	18,58	-	-
	7/ 209	Sulkeuma 6/1				Rutenium	-	0,61	-	0,24	0,15	-	-	-	-	-	99,02	-	44,59	-	33,64	20,79	-	-
	7/ 210	Sulkeuma 6/2				Rutenium	-	0,66	0,07	0,12	0,12	0,03	-	-	-	-	105,49	-	56,51	6,35	18,77	19,48	4,38	-
	7/ 211	Sulkeuma 7				Rutenium	-	0,70	0,09	0,09	0,13	-	-	-	-	-	97,63	-	57,08	7,25	13,37	19,94	-	-
	7/ 212	Sulkeuma 8				Rutenium	-	0,68	0,10	0,08	0,12	0,03	-	-	-	-	104,65	-	59,22	8,67	12,75	19,14	4,86	-
	7/ 213	Sulkeuma 9/1	Pitkulainen, suuntautunut, sulkeumassa haittavissa kahta faasia			Rutenium	-	0,65	0,08	0,11	0,12	0,04	-	-	-	-	97,57	-	50,93	6,55	16,42	17,20	6,47	-
	7/ 214	Sulkeuma 9/2				Rutenium	-	2,86	-	1,60	0,54	-	-	-	-	-	89,25	-	37,03	-	38,88	13,34	-	-
	7/ 225	Sulkeuma 10/2	Pitkulainen vyöhykkeellinen sulkeuma, Sisältää rhodarseniä			Rutenium	-	0,60	-	0,27	0,13	-	-	-	-	-	96,79	-	42,72	-	35,76	18,31	-	-
	7/ 226	Sulkeuma 10/3				Rutenium	-	0,68	0,09	0,07	0,11	0,04	-	-	-	-	107,24	-	60,69	8,50	12,54	18,21	7,30	-
	7/ 231	Sulkeuma 10/8				Rutenium	-	0,56	-	0,34	0,10	-	-	-	-	-	98,62	-	39,72	-	45,21	13,69	-	-
	7/ 232	Sulkeuma 11				Rutenium	-	0,58	-	0,31	0,10	0,01	-	-	-	-	93,82	-	39,76	-	39,63	12,86	1,57	-
	7/ 233	Sulkeuma 12/1				Rutenium	-	0,65	0,09	0,08	0,11	-	-	-	-	-	103,70	-	58,29	8,61	13,58	18,29	-	-
	7/ 234	Sulkeuma 12/2				Rutenium	-	0,60	-	0,29	0,11	-	-	-	-	-	96,49	-	42,24	-	38,91	15,34	-	-
	7/ 235	Sulkeuma 10/9	Vyöhykkeellinen sulkeuma			Rutenium	-	0,60	-	0,27	0,13	-	-	-	-	-	93,39	-	41,14	-	34,79	17,45	-	-
	7/ 236	Sulkeuma 10/10				Rutenium	-	0,65	0,10	0,07	0,09	-	-	-	-	-	103,75	-	59,11	9,12	12,79	15,65	-	-
	7/ 237	Sulkeuma 10/11				Rutenium	-	0,61	-	0,26	0,13	-	-	-	-	-	95,34	-	43,11	-	35,20	17,02	-	-

Ru-Ir-Os-seokset		Ionien määrä 1:n ionin perusteella													Alkuaineiden pitoisuudet %										
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Re	Fe	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Re	Fe			
Puskuliikainen 1	1/ 115	Sulkeuma/ päämineraali 2		Iridium	-	0,03	-	0,29	0,68	-	-	-	-	88,74	-	1,31	-	26,13	61,29	-	-	-			
	1/ 125	Sulkeuma 4/5	5.seuraava kohta sulkeumasta	Iridium	-	0,12	-	0,21	0,54	0,14	-	-	-	98,95	-	6,56	-	21,64	56,24	14,52	-	-			
	1/ 138	Sulkeuma 1/1/päämineraali 1		Iridium	-	0,13	-	0,20	0,56	0,11	-	-	-	93,73	-	6,90	-	19,63	55,54	11,65	-	-			
	1/ 139	Sulkeuma 2/1	Vaaleahko sulkeuma. Tummenee reunoilta, keskeltä vaalea	Iridium	-	0,07	-	0,26	0,55	0,12	-	-	-	91,81	-	3,44	-	24,11	52,30	11,96	-	-			
	1/ 141	Sulkeuma 2/3/1	Tumma kehä sulkeuman ympärillä vaalenee sisään päin mentäessä	Iridium	-	0,15	-	0,17	0,61	0,07	-	-	-	95,66	-	7,99	-	17,38	62,92	7,36	-	-			
1/ 142	Sulkeuma 2/3/2	Sulkeuman sisus vaalea alue	Iridium	-	0,07	-	0,25	0,54	0,13	-	-	-	-	95,25	-	3,63	-	24,84	53,57	13,22	-	-			
1/ 143	Sulkeuma 2/3/3	Vaalea sulkeuman sisus, rakeen reunan lähellä	Iridium	-	0,08	-	0,26	0,56	0,10	-	-	-	-	95,46	-	4,09	-	25,90	55,54	9,93	-	-			
1/ 155	Sulkeuma 1/1 / päämineraali 2	Sulkeuma 1 /päämineraali 2 hyvinvaihteleva koostumukset-taan. Vaihettuu tumman harmaan ja harmaan välillä. lamellirakennetta	vaaleasta	Iridium	-	0,02	-	0,29	0,67	0,01	-	-	-	93,15	-	1,19	-	27,56	63,64	0,75	-	-			
Messiolilla 11 Ivalojoki imurimies 3	1/ 159	Sulkeuma 1/5	Lamelli lähellä päämineraalia 1	Iridium	-	0,12	-	0,21	0,54	0,12	-	-	-	87,98	-	6,06	-	19,74	50,73	11,45	-	-			
	3/ 126	Sulkeuma 4/3	Harmaampi alue sulkeuman sisällä	Iridium	-	0,38	-	0,19	0,41	-	-	-	0,02	97,02	-	24,27	-	22,66	49,50	-	-	0,58			
	5/ 86	Sulkeuma 2		Iridium	-	-	-	0,19	0,60	0,15	-	-	0,06	98,90	-	-	-	19,60	61,72	15,81	-	1,78			
	5/ 87	Sulkeuma 3		Iridium	-	-	-	0,21	0,58	0,16	-	-	0,05	98,21	-	-	-	21,49	59,17	16,19	-	1,36			
	5/ 88	Sulkeuma 4		Iridium	-	-	-	0,18	0,50	0,22	-	-	0,08	104,22	-	-	-	19,99	55,88	24,82	-	2,44			
	5/ 89	Sulkeuma 5	Pieni pisanar malinen sulkeuma, suotauma	Iridium	-	-	-	0,28	0,61	0,06	-	-	0,02	102,05	-	-	-	28,79	64,86	6,29	-	0,62			
	5/ 90	Sulkeuma 6	Pieni pisanar malinen sulkeuma, suotauma	Iridium	-	-	-	0,28	0,65	0,05	-	-	0,02	96,09	-	-	-	26,74	63,41	5,39	-	0,56			
	5/ 91	Sulkeuma 7	Pieni pisanar malinen sulkeuma, suotauma	Iridium	-	-	-	0,30	0,63	0,06	-	-	0,02	95,11	-	-	-	28,32	60,58	5,59	-	0,62			
	5/ 93	Sulkeuma 8	Pieni pisanar malinen sulkeuma, suotauma	Iridium	-	-	-	0,29	0,65	0,06	-	-	-	96,97	-	-	-	28,10	62,70	6,17	-	-			
	5/ 94	Sulkeuma 9	Pieni pisanar malinen sulkeuma, suotauma	Iridium	-	-	-	0,29	0,67	0,05	-	-	-	95,20	-	-	-	27,02	63,74	4,45	-	-			
5/ 95	Sulkeuma 10	Pieni pisanar malinen sulkeuma, suotauma	Iridium	-	-	-	0,29	0,63	0,05	-	-	0,02	95,75	-	-	-	28,09	61,60	5,44	-	0,62				

Ru-Ir-Os-seokset		Ionien määrä 1:n ionin perusteella												Alkuaineiden pitoisuudet %											
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Re	Fe	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Re	Fe		
Ivalojoen murinies 3	5/ 96	Sulkeuma 11	Pieni pisanan mallinen sulkeuma, suotauma		Iridium	-	-	-	0,26	0,61	0,07	-	-	0,03	100,66	-	-	-	27,08	63,98	7,41	-	0,80		
	5/ 97	Sulkeuma 12	Pieni pisanan mallinen sulkeuma, suotauma		Iridium	-	-	-	0,28	0,64	0,06	-	-	0,02	97,25	-	-	-	27,11	63,52	6,09	-	0,53		
	5/ 99	Sulkeuma 14	Pieni pisanan mallinen sulkeuma, suotauma		Iridium	-	-	-	0,29	0,65	0,06	-	-	-	96,47	-	-	-	27,27	63,12	6,08	-	-		
	5/ 100	Sulkeuma 15	Pieni pisanan mallinen sulkeuma, suotauma		Iridium	-	-	-	0,29	0,64	0,05	-	-	0,02	93,69	-	-	-	27,06	61,30	4,82	-	0,50		
Marjakangas84	5/ 101	Sulkeuma 16	Pieni pisanan mallinen sulkeuma, suotauma		Iridium	-	-	-	0,30	0,64	0,05	-	-	0,02	97,90	-	-	-	29,23	63,35	4,74	-	0,58		
	5/ 102	Sulkeuma 17	Pieni pisanan mallinen sulkeuma, suotauma		Iridium	-	-	-	0,29	0,63	0,06	-	-	0,02	96,19	-	-	-	27,94	61,59	6,09	-	0,58		
	5/ 204	Sulkeuma 3/1	Pitkulainen		rutheniridosmi nite	-	0,41	0,04	0,37	0,14	0,02	-	-	0,01	95,79	-	26,79	2,42	45,35	17,93	2,79	-	0,50		
	5/ 241	Sulkeuma 23/4/2	Moni faasin Vierasmuotoinen, vyöhykkeellinen	Kahden faasin rajalta	Rutheniriid- osmium	-	0,27	0,07	0,43	0,18	-	-	-	0,02	94,85	-	16,92	4,36	50,18	21,37	-	-	0,69		
Meret 3	5/ 245	Sulkeuma 23/6		Tummassa osassa vaalea liiro	Rutheniriid- osmium	-	0,36	0,04	0,35	0,15	0,01	-	-	-	96,99	-	25,12	2,84	45,69	19,49	1,15	-	-		
	6/ 54	Sulkeuma 6/3	Vaalea osa		Iridium	-	-	-	0,55	2,16	-	-	0,29	-	99,04	-	-	-	18,11	71,63	-	9,30	-		
	6/ 55	Sulkeuma 7	Vaalea osa päämineraalin 5 sulkeuman välissä		Iridium	-	-	-	0,62	2,38	-	-	-	-	96,59	-	-	-	19,75	76,84	-	-	-		

Ru-Ir-Os-seokset			Ionien määrä 1:n ionin perusteella											Alkuaineiden pitoisuudet %										
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Re	Fe	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Re	Fe	
Zellbergin muori 1	4/ 236	Sulkeuma 11/2	Pitkulainen suuntautunut vaalea	Yläreunasta	Osmium	-	-	-	0,65	0,3463	-	-	-	-	100,96	-	-	-	65,75	35,2	-	-	-	
	4/ 237	Sulkeuma 11/1		Alareunasta	Osmium	-	0,0538	-	0,56	0,389	-	-	-	-	104,05	-	3,04	-	59,23	41,78	-	-	-	
	4/ 238	Sulkeuma 11/2	Pitkulainen suuntautunut vaalea		Osmium	-	-	-	0,62	0,3793	-	-	-	-	100,36	-	-	-	62,05	38,31	-	-	-	
	5/ 136	Sulkeuma 1	Reunassa oleva kehä, suotauma rakennetta		Osmium	-	-	-	2,02	0,985	-	-	-	-	99,87	-	-	-	66,85	33,02	-	-	-	
Marjakangas84	5/ 134	Sulkeuma 3	Pitkiä luitroja suotauma rakennetta		Osmium	-	-	-	1,79	1,113	-	-	-	0,06	101,9	-	-	-	61,69	38,76	-	-	0,62	
	5/ 239	Sulkeuma 23/3	Moni faasin Vierasmuotoinen, vyöhykkeellinen	Vaalean sisuksen rajalta	Osmium	-	0,1597	0,07	0,48	0,1728	-	-	-	0,03	88,72	-	9,47	4,09	53,96	19,49	-	-	0,85	
	5/ 240	Sulkeuma 23/4/1		Vaalean ja tumman rajalta	Osmium	-	0,1539	0,07	0,51	0,1664	-	-	-	0,02	91,19	-	9,16	4,33	57,58	18,84	-	-	0,55	
	7/ 200	Päämineraali	Rae 1mm leveä		Osmium	-	0,1013	-	0,55	0,303	-	-	-	-	102,76	-	5,93	-	60,92	33,74	-	-	-	
Vehvi29	7/ 111	Sulkeuma 1/2	Pitkulainen, suuntautunut	Keskeltä	Osmium	-	-	-	0,72	0,2817	-	-	-	-	95,2	-	-	-	68,17	27,02	-	-	-	
	7/ 112	Sulkeuma 2	Pitkulainen, suuntautunut		Osmium	-	-	-	0,63	0,3747	-	-	-	-	98,61	-	-	-	61,41	37,19	-	-	-	
Puskuoliikainen 1	1/ 123	Sulkeuma 4/3	3. sulkeuma alkaa erottumaan selkeämmin		Rutheniridosmine	-	0,1737	-	0,44	0,3899	-	-	-	-	94,15	-	9,42	-	44,53	40,2	-	-	-	
	1/ 126	Sulkeuma 5/1	Vierasmuotoinen	Sulkeuman reuna	Rutheniridosmine	-	0,1572	-	0,46	0,3863	-	-	-	-	87,58	-	7,86	-	42,98	36,74	-	-	-	
Ru-Ir-Os-seokset			Ionien määrä 1:n ionin perusteella											Alkuaineiden pitoisuudet %										
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Re	Fe	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Re	Fe	S
Puskuoliikainen 1	E/ 2		Vaalea lamelli		Iridium	-	0,0656	-	-	0,9344	-	-	-	-	100	-	3,56	-	-	96,44	-	-	-	-
	E/ 3		Vaalea lamelli		Iridium	-	0,0697	-	-	0,9303	-	-	-	-	100	-	3,79	-	-	96,21	-	-	-	-
	E/ 4		Tumma lamelli		Iridium	-	0,217	-	-	0,783	-	-	-	-	100	-	12,72	-	-	87,28	-	-	-	-
	E/ 5			Vaihtumisyöhykettä	Iridium	-	0,228	-	-	0,772	-	-	-	-	100	-	13,44	-	-	86,56	-	-	-	-
	E/ 6			Vaihtumisyöhykettä	Iridium	-	0,1801	-	0,14	0,6281	-	0,05	-	-	100	-	10,86	-	16,14	72,05	-	-	-	0,95
	E/ 7		Vaalea		Osmium	-	0,0624	-	0,53	0,4062	-	-	-	-	100	-	3,4	-	54,5	42,1	-	-	-	-
E/ 8		Vaalea		Osmium	-	0,099	-	0,51	0,3916	-	-	-	-	99,99	-	5,49	-	53,19	41,31	-	-	-	-	

C Lauriitti-erlichmaniitti

[illegible]

Lauriitti		Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella													Alkuainepitoisuudet %													
Nimi	Spectrum	Päämineraali /Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Al	O
Vuijemi14	1/ 53	Sulkeuma 6/2	Pitkulainen, suuntaus, suotauma		Lauriitti	-	0,65	-	0,12	0,14	-	2,07	-	-	0,02	95,23	-	34,18	-	12,19	13,68	-	34,47	-	-	0,70	-	-
	1/ 56	Sulkeuma 11	Ruhje rakeen sisässä		lauriitti	-	0,66	0,04	0,15	0,15	-	1,98	0,02	-	-	97,94	-	33,62	1,91	14,91	14,72	-	32,18	0,60	-	-	-	
	1/ 57	Sulkeuma 12	Rapautuma/ruhje rakeen sisässä, mineraali alkanut kulumaan pois		lauriitti	-	0,69	0,04	0,15	0,14	-	1,97	-	-	0,01	101,88	-	36,98	2,08	15,22	13,91	-	33,24	-	-	0,44	-	-
	1/ 62	Sulkeuma 13/1	Vierasmuotoinen, alkanut pikku hiltaa rapautumaan reunoilta		Lauriitti	-	0,61	0,04	0,15	0,15	-	2,02	-	-	0,03	102,73	-	33,37	2,05	15,89	15,36	-	34,99	-	-	1,07	-	-
	1/ 63	Sulkeuma 14	Pisara, alkanut pikku hiltaa rapautumaan reunoilta		Lauriitti	-	1,19	0,13	0,29	0,28	-	2,07	-	-	0,03	81,20	-	31,24	3,56	14,47	14,09	-	17,29	-	-	0,55	-	-
	1/ 68	Sulkeuma 15/3			Lauriitti	-	0,62	0,06	0,17	0,16	-	1,95	-	-	0,04	99,53	-	31,46	2,89	16,56	15,55	-	31,55	-	-	1,52	-	-
	1/ 77	Sulkeuma 19/3	Pitkulainen sulkeuma harmaassa massassa orientoitunut		Lauriitti	-	0,62	0,05	0,14	0,13	-0,01	2,08	-	-	-	97,57	-	33,41	2,79	13,91	13,31	-	1,41	35,56	-	-	-	-
	1/ 78	Sulkeuma 19/4			Lauriitti	-	0,59	0,06	0,15	0,15	-	2,06	-	-	-	97,40	-	30,99	3,14	14,52	14,52	-	34,24	-	-	-	-	-
	1/ 79	Sulkeuma 19/5	Tumma Sulkeuma harmaan vieressä		Lauriitti	-	0,91	0,00	-	-	-	2,08	-	-	-	109,82	-	63,57	0,28	-	-	-	45,97	-	-	-	-	-
	1/ 80	Sulkeuma 19/6			Lauriitti	-	0,61	0,07	0,11	0,17	-	1,98	0,02	-	0,04	101,91	-	33,43	3,73	10,93	17,25	-	34,26	0,57	-	1,74	-	-
	1/ 81	Sulkeuma 20	Rapautunut Sulkeuma	kräkki	Lauriitti	-	0,67	-	0,15	0,16	-	2,01	-	-	0,02	92,59	-	32,76	-	13,71	14,43	-	31,05	-	-	0,64	-	-
Vuijemi14	1/ 92	Sulkeuma 19/16	Pitkulainen tumma Sulkeuma		Lauriitti	-	0,67	0,07	0,16	0,15	-	1,82	0,02	-	0,02	98,05	-	34,02	3,36	15,19	14,40	-	29,14	0,59	-	0,61	-	0,74
	1/ 105	Sulkeuma 23/3	Tummat pitkulaiset Sulkeumat halkovat.		Lauriitti	-	0,62	-	0,13	0,16	-	2,07	-	-	0,02	92,65	-	31,22	-	11,90	15,45	-	33,22	-	-	0,86	-	-
	1/ 108	Sulkeuma 25	Pitkulainen, sulkeuman keskus ei ole rapautunut mutta keskustan ja päämineraalin väli on.	Rapautunee mmasta reunasta	Lauriitti	-	0,48	0,22	0,07	0,19	-	1,80	0,02	-	0,21	93,42	-	23,17	10,86	6,69	17,28	-	27,47	0,50	-	7,45	-	-
	1/ 111	Sulkeuma 28	Kräkki	Tumma osasta	Lauriitti	-	0,62	-	0,16	0,15	-	2,03	0,03	-	0,01	95,83	-	31,69	-	15,45	14,70	-	32,77	0,75	-	0,48	-	-

Lauriitti		Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella														Alkuainepitoisuudet %													
Nimi	Spectrum	Päämineraali /Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Al	O	
Vuijemi14	1/ 53	Sulkeuma 6/2	Pitkulainen, suuntaus, suotauma		Lauriitti	-	0,65	-	0,12	0,14	-	2,07	-	-	0,02	95,23	-	34,18	-	12,19	13,68	-	34,47	-	-	-	0,70	-	-
	1/ 56	Sulkeuma 11	Ruhje rakeen sisässä		lauriitti	-	0,66	0,04	0,15	0,15	-	1,98	0,02	-	-	97,94	-	33,62	1,91	14,91	14,72	-	32,18	0,60	-	-	-	-	
	1/ 57	Sulkeuma 12	Rapauma/ruhje rakeen sisässä, mineraali alkanut kulumaan pois		lauriitti	-	0,69	0,04	0,15	0,14	-	1,97	-	-	0,01	101,88	-	36,98	2,08	15,22	13,91	-	33,24	-	-	0,44	-	-	
	1/ 62	Sulkeuma 13/1	Vierasmuotoinen, alkanut pikku hitaa rapautumaan reunoilta		Lauriitti	-	0,61	0,04	0,15	0,15	-	2,02	-	-	0,03	102,73	-	33,37	2,05	15,89	15,36	-	34,99	-	-	1,07	-	-	
	1/ 63	Sulkeuma 14	Pisara, alkanut pikku hitaa rapautumaan reunoilta		Lauriitti	-	1,19	0,13	0,29	0,28	-	2,07	-	-	0,03	81,20	-	31,24	3,56	14,47	14,09	-	17,29	-	-	0,55	-	-	
	1/ 68	Sulkeuma 15/3			Lauriitti	-	0,62	0,06	0,17	0,16	-	1,95	-	-	0,04	99,53	-	31,46	2,89	16,56	15,55	-	31,55	-	-	1,52	-	-	
	1/ 77	Sulkeuma 19/3	Pitkulainen sulkeuma harmaassa massassa orientoitunut		Lauriitti	-	0,62	0,05	0,14	0,13	-0,01	2,08	-	-	-	97,57	-	33,41	2,79	13,91	13,31	-	1,41	35,56	-	-	-	-	
	1/ 78	Sulkeuma 19/4			Lauriitti	-	0,59	0,06	0,15	0,15	-	2,06	-	-	-	97,40	-	30,99	3,14	14,52	14,52	-	34,24	-	-	-	-	-	
	1/ 79	Sulkeuma 19/5	Tumma Sulkeuma harmaan vieressä		Lauriitti	-	0,91	0,00	-	-	-	2,08	-	-	-	109,82	-	63,57	0,28	-	-	-	45,97	-	-	-	-	-	
	1/ 80	Sulkeuma 19/6			Lauriitti	-	0,61	0,07	0,11	0,17	-	1,98	0,02	-	0,04	101,91	-	33,43	3,73	10,93	17,25	-	34,26	0,57	-	1,74	-	-	
	1/ 81	Sulkeuma 20	Rapautunut Sulkeuma	kräkki	Lauriitti	-	0,67	-	0,15	0,16	-	2,01	-	-	0,02	92,59	-	32,76	-	13,71	14,43	-	31,05	-	-	0,64	-	-	
1/ 92	Sulkeuma 19/16	Pitkulainen tumma Sulkeuma		Lauriitti	-	0,67	0,07	0,16	0,15	-	1,82	0,02	-	0,02	98,05	-	34,02	3,36	15,19	14,40	-	29,14	0,59	-	0,61	-	0,74		
1/ 105	Sulkeuma 23/3	Tummat pitkulaiset Sulkeumat halkovat.		Lauriitti	-	0,62	-	0,13	0,16	-	2,07	-	-	0,02	92,65	-	31,22	-	11,90	15,45	-	33,22	-	-	0,86	-	-	-	
1/ 108	Sulkeuma 25	Pitkulainen, sulkeuman keskus ei ole rapautunut mutta keskustan ja päämineraalin väli on.	Rapautunee mmasta reunasta	Lauriitti	-	0,48	0,22	0,07	0,19	-	1,80	0,02	-	0,21	93,42	-	23,17	10,86	6,69	17,28	-	27,47	0,50	-	7,45	-	-	-	
1/ 111	Sulkeuma 28	Kräkki	Tummasta osasta	Lauriitti	-	0,62	-	0,16	0,15	-	2,03	0,03	-	0,01	95,83	-	31,69	-	15,45	14,70	-	32,77	0,75	-	0,48	-	-	-	

Lauriitti		Ionisuuhteet laskett 3:n Ionin perusteella										Alkuaineptoisuuudet %																	
		Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Al	O					
	Nimi	Päämineraali /Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali																								
		2/ 68	Sulkeuma 16/2/1	Vyöhykkeellinen Sulkeuma jossa vaalea sisus	Analysyi Vaalean Osan keskeltä	Os-Lauriitti	-	0,49	-	0,32	0,07	-	1,93	-	-	0,03	100,62	-	26,16	-	32,17	6,95	-	32,72	-	-	1,28	-	1,34
		2/ 70	Sulkeuma 16/3/1	Vyöhykkeellisen Sulkeuman keskeltä	Tummaasta Osasta	Os-Lauriitti	-	0,64	-	0,21	0,05	-	1,91	-	-	0,01	103,99	-	37,52	-	23,02	5,91	-	35,37	-	-	0,50	-	1,67
		2/ 73	Sulkeuma 18/1/2	Seuraavaavasta vyöhykkeestä	Hieman Vaaleamman harmaa kuin Sulkeuman keskus	Os-Lauriitti	-	0,70	-	0,20	0,05	-	2,03	-	-	0,02	96,95	-	36,76	-	20,26	5,13	-	34,06	-	-	0,74	-	-
		2/ 75	Sulkeuma 18/2	Toinen hyvin pieni Vyöhykkeellinen Sulkeuma samassa Sulkeumassa		Os-Lauriitti	-	0,52	-	0,29	0,04	-	1,84	-	-	0,01	99,25	-	29,03	-	30,29	4,38	-	32,38	-	-	0,61	-	2,57
		2/ 77	Sulkeuma 19/2	seuraavaa vyöyke Sulkeumassa		Os-Lauriitti	-	0,53	-	0,30	0,05	-	1,93	-	-	0,02	102,10	-	29,28	-	31,38	5,33	-	33,74	-	-	1,00	-	1,37
		2/ 78	Sulkeuma 20/1/1	Yhdessä hallakan Sulkeumassa kaksi vyöhykkeellistä Sulkeumaa. Tumma sisuksinen ja hallakan vaalean sisuksinen	Analysyi hallakan Sulkeumassa Vaaleasta keskeltä	Os-Lauriitti	-	0,48	-	0,35	0,06	-	1,96	-	-	0,02	99,20	-	24,86	-	34,43	5,70	-	32,43	-	-	0,64	-	1,15
		2/ 79	Sulkeuma 20/1/2		Analysyi hallakan vaalean seuraavasta vyöhykkeestä (harmaampi)	Os-Lauriitti	-	0,70	-	0,20	0,05	-	2,03	-	-	0,02	101,40	-	39,05	-	20,95	5,00	-	35,66	-	-	0,75	-	-
		2/ 87	Sulkeuma 21/1	Vyöhykkeellinen Sulkeuma	Vaalea sisus	Os-lauriitti	-	0,62	-	0,27	0,06	-	2,04	-	-	0,01	97,60	-	31,90	-	26,33	5,44	-	33,38	-	-	0,55	-	-
		2/ 88	Sulkeuma 21/2		Uloin harmaa kerros	Lauriitti	-	0,78	-	0,10	0,03	-	1,96	-	-	-	102,26	-	47,66	-	11,73	3,60	-	38,05	-	-	-	-	1,22
Miessiolilla 10	2/ 90	Sulkeuma 23	Omanuotoinen		Lauriitti	-	0,82	-	0,05	0,05	-	1,94	-	-	0,01	101,14	-	50,24	-	5,95	5,63	-	37,69	-	-	0,35	-	1,29	
	2/ 91	Sulkeuma 24	Omanuotoinen		Lauriitti	-	0,81	-	0,04	0,04	-	1,94	-	-	0,01	104,86	-	52,40	-	5,40	5,51	-	39,65	-	-	0,36	-	1,54	
	3/ 29	Sulkeuma 1/1	Omanuotoinen	Sisus	Lauriitti-erlichmanliitti	-	0,48	-	0,39	0,06	-	2,07	-	-	-	93,17	-	22,70	-	34,40	5,35	-	30,72	-	-	-	-	-	
	3/ 30	Sulkeuma 1/2	Omanuotoinen	ulkoreuna	Os-Lauriitti	-	0,50	-	0,38	0,06	-	2,06	-	-	-	97,56	-	24,53	-	35,14	5,84	-	32,05	-	-	-	-	-	
	3/ 37	Suleuma 4/1		Sisus	Os-Lauriitti	-	0,61	-	0,26	0,05	-	2,08	-	-	-	90,39	-	30,03	-	23,55	4,49	-	32,32	-	-	-	-	-	
	3/ 38	Suleuma 4/2		väli	Os-Lauriitti	-	0,50	-	0,37	0,06	-	2,05	-	-	0,02	93,87	-	23,71	-	32,95	5,82	-	30,84	-	-	0,55	-	-	
	3/ 39	Suleuma 4/3		Ulkoreuna	Os-Lauriitti	-	0,49	-	0,38	0,06	-	2,07	-	-	-	92,33	-	23,00	-	33,20	5,50	-	30,64	-	-	-	-	-	
	3/ 42	Sulkeuma 2/1		Sisus	Os-Lauriitti	-	0,50	-	0,36	0,06	-	2,01	-	-	0,02	113,89	-	27,23	-	36,49	6,04	-	34,43	-	-	0,64	-	9,05	
	3/ 43	Sulkeuma 2/2	Hieman omanmuo	Reuna	Os-Lauriitti	-	0,50	-	0,36	0,07	-	2,05	-	-	0,02	97,17	-	24,56	-	33,56	6,48	-	32,01	-	-	0,56	-	-	
	3/ 46	Sulkeuma 3/3		Reuna	Lauriitti-erlichmanliitti	-	0,45	-	0,34	0,07	-	1,89	-	-	0,02	102,35	-	22,72	-	32,47	6,64	-	29,97	-	-	0,83	-	9,71	
Miessiolilla 5	3/ 50	Sulkeuma 5/1	Tummempi sisus		Os-Lauriitti	-	0,55	-	0,33	0,06	-	2,06	-	-	-	98,87	-	28,20	-	31,89	5,54	-	33,24	-	-	-	-	-	
	3/ 53	Sulkeuma 5/1	Reuna vaalea		Os-Lauriitti	-	0,50	-	0,34	0,09	-	2,04	-	-	0,03	98,24	-	25,02	-	31,86	8,13	-	32,24	-	-	1,01	-	-	
	3/ 61	Sulkeuma 5/2 ja 5/1 rajalla			Os-Lauriitti	-	0,53	-	0,36	0,06	-	2,07	0,28	-	0,02	104,32	-	22,92	-	28,87	5,31	-	28,33	6,71	-	0,71	-	11,46	
	3/ 98	Sulkeuma 4/1	Sulkeuma hieman rapautunut.		Lauriitti-erlicmanite	-	0,41	-	0,45	0,08	-	2,04	-	-	0,01	96,29	-	19,15	-	39,46	7,25	-	29,96	-	-	0,47	-	-	

Lauriitti		Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella														Alkuaineipitoisuudet %														
Nimi		Spectrum	Päämineraali /Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Al	O	
Miessiolilla							-	0,90	-	-	0,02	-	1,92	-	-	61,11	-	41,45	-	-	-	106,34	-	61,11	-	-	1,98	-	41,45	-
		2/ 44	Sulkeuma 1	Omamuotoinen		Lauriitti	-	0,90	-	-	0,02	-	1,94	-	-	-	-	108,17	-	61,92	-	-	2,65	-	42,07	-	-	-	-	1,53
		2/ 45	Sulkeuma 2	Omamuotoinen		Lauriitti	-	0,88	-	-	-	-	1,94	-	-	-	-	100,73	-	58,13	-	-	-	-	40,68	-	-	-	-	1,91
		2/ 46	Sulkeuma 3	Omamuotoinen		Lauriitti	-	0,90	-	0,03	0,04	-	2,03	-	-	-	-	108,57	-	58,23	-	3,12	5,42	-	41,80	-	-	-	-	-
		2/ 47	Sulkeuma 4	Omamuotoinen		Lauriitti	-	0,89	-	-	0,02	-	1,94	-	-	-	-	104,70	-	59,29	-	-	3,03	-	40,81	-	-	-	-	1,57
		2/ 48	Sulkeuma 5	Omamuotoinen		Lauriitti	-	0,83	-	0,03	0,04	-	1,92	-	-	0,01	105,36	-	54,68	-	3,11	5,32	-	40,07	-	-	0,37	-	1,82	
		2/ 50	Sulkeuma 7	Pitkulainen		Lauriitti	-	0,90	-	-	0,02	-	1,93	-	-	-	108,71	-	62,13	-	-	2,63	-	42,35	-	-	-	-	1,60	
		2/ 51	Sulkeuma 8	Omamuotoinen		Lauriitti	-	0,93	-	-	0,03	-	2,04	-	-	-	101,20	-	57,91	-	-	3,04	-	40,25	-	-	-	-	-	
		2/ 53	Sulkeuma 10	Omamuotoinen		Lauriitti	-	0,90	-	-	0,02	-	1,92	-	-	-	102,90	-	58,94	-	-	2,18	-	40,08	-	-	-	-	1,69	
		2/ 55	Sulkeuma 11/2	Keskeltä		Lauriitti	-	0,90	-	-	0,02	-	1,91	-	-	-	108,13	-	62,19	-	-	2,10	-	41,94	-	-	-	-	1,91	
		2/ 56	Sulkeuma 12			Lauriitti	-	0,46	-	0,40	0,07	-	2,05	-	-	0,02	104,75	-	23,88	-	39,31	6,59	-	34,05	-	-	0,92	-	-	-
		2/ 57	Sulkeuma 13/1		Sulkeuma koostuu 4 eri väristä. Reuna Analyysi vaaleimmasta	Os-Lauriitti	-	0,71	-	0,14	0,08	-	2,03	-	-	0,03	103,98	-	41,28	-	15,70	8,28	-	37,32	-	-	1,39	-	-	-
		2/ 58	Sulkeuma 13/2		Keskeltä Tummin kohta	Os-Lauriitti	-	0,65	-	0,19	0,05	-	1,94	-	-	0,02	104,72	-	38,81	-	20,99	6,08	-	36,63	-	-	0,83	-	1,37	
		2/ 59	Sulkeuma 13/3		Reuna	Os-Lauriitti	-	0,57	-	0,31	0,05	-	2,04	-	-	0,02	101,31	-	30,17	-	31,01	5,15	-	34,19	-	-	0,78	-	-	-
		2/ 60	Sulkeuma 13/4		Ympäri kaikki aikasempia	Os-Lauriitti	-	0,64	-	0,20	0,05	-	1,94	-	-	0,02	103,65	-	37,35	-	22,50	5,81	-	35,88	-	-	0,72	-	1,39	
		2/ 61	Sulkeuma 14/1	Vyöhykkeellinen	Keskeltä	Os-Lauriitti	-	0,55	-	0,31	0,05	-	1,95	-	-	0,01	101,95	-	29,94	-	32,07	4,80	-	33,61	-	-	0,50	-	1,03	
		2/ 62	Sulkeuma 14/2		Reunasta	Os-Lauriitti	-	0,83	-	0,04	0,04	-	1,93	-	-	0,01	101,57	-	51,66	-	5,18	4,62	-	38,20	-	-	0,38	-	1,53	
		2/ 63	Sulkeuma 15/1	Vyöhykkeellinen	Ala reuna	Os-Lauriitti	-	0,57	-	0,31	0,06	-	2,04	-	-	0,02	98,14	-	29,05	-	29,88	5,52	-	32,83	-	-	0,86	-	-	-
		2/ 64	Sulkeuma 15/2		Keskeltä	Os-Lauriitti	-	0,68	-	0,19	0,08	-	2,02	-	-	0,04	99,59	-	36,31	-	19,43	8,05	-	34,35	-	-	1,46	-	-	-
		2/ 65	Sulkeuma 15/3		Yläreuna	Os-Lauriitti	-	0,54	-	0,30	0,06	-	1,94	-	-	0,02	100,48	-	28,96	-	29,99	6,25	-	33,20	-	-	0,81	-	1,27	
		2/ 67	Sulkeuma 16/1/2		Analyysi ympäröivästä Osasta	Os-Lauriitti	-																							

Lauriitti		Ionsisuhteet laskett 3:n ionin perusteella													Alkuainepitoisuudet %														
Nimi	Spectrum	Päämineraali /Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Al	O	
Messioliilla 18	4/ 83	Sulkeuma 1/1	Monifaasisinen iso sulkeuma	reuna	Os-Lauriitti	-	0,61	-	0,24	0,07	-	1,95	-	-	0,03	98,71	-	32,81	-	23,97	6,69	-	33,03	-	-	1,32	-	0,89	
	4/ 87	Sulkeuma 1/5/1		reuna	Os-Lauriitti	-	0,59	-	0,24	0,06	-	1,91	-	-	0,03	96,47	-	31,55	-	24,47	5,68	-	32,27	-	-	1,09	-	1,41	
	4/ 94	Sulkeuma 1/12		reuna	Os-Lauriitti	-	0,58	-	0,26	0,06	-	1,95	-	-	0,03	96,88	-	30,32	-	26,09	5,92	-	32,45	-	-	1,05	-	1,06	
	4/ 96	Sulkeuma 1/13/1		reuna	Os-Lauriitti	-	0,58	-	0,25	0,06	-	1,90	-	-	0,03	98,12	-	31,58	-	25,50	5,69	-	32,59	-	-	1,20	-	1,57	
	4/ 103	Sulkeuma 1/15	Joissain paikoissa breksioi 1/16 Sulkeumaa	Päämineeraal in ja Sulkeuma 1/16 välissä (reuna)	Os-Lauriitti	-	0,60	-	0,22	0,06	-	1,90	-	-	0,04	94,94	-	31,78	-	22,05	6,21	-	31,96	-	-	1,46	-	1,48	
	4/ 110	Sulkeuma 1/2	Keskellä sulkeumaa, (1/1 vierestä)	Hieman omamuotine n	Lauriitti	-	0,91	-	-	-	-	-	1,91	-	-	-	99,34	-	58,56	-	-	-	-	38,91	-	-	-	-	1,87
Ivalojoki imurin	4/ 111	Sulkeuma 1/18	Sulkeuman sisässä	Pitkulainen	Os-Lauriitti	-	0,60	-	0,24	0,05	-	1,95	-	-	-	97,27	-	32,52	-	24,22	5,40	-	33,70	-	-	-	-	-	1,43
	4/ 125	Sulkeuma3/1	Sulkeuman keskeltä	Vyöhykkeelli nen	Os-Lauriitti	-	0,45	0,15	0,22	0,40	-	2,07	0,02	-	0,47	106,30	-	16,95	5,58	15,22	28,93	-	24,67	0,51	-	13,14	-	1,31	
	4/ 130	Sulkeuma 5/2	Vyöhykkeelisen Sulkeuman reuna	Vaaleampi kohta reunasta	Lauriitti-erlichmaniitti	-	0,40	-	0,39	0,08	-	1,93	-	0,03	-	98,91	-	20,52	-	37,54	7,38	-	31,07	-	1,03	-	-	1,37	
	4/ 132	Sulkeuma 5/4	Sulkeuman perusmassa, pieni		Os-Lauriitti	-	0,56	0,05	0,27	0,09	-	1,98	-	0,06	-	97,52	-	28,28	2,50	25,29	8,14	-	31,56	-	1,74	-	-	-	
	4/ 160	Sulkeuma 1/2	Omanmuotoinen, vyöhykkeellinen	Sulkeuman keskus	Os-Lauriitti	-	0,52	-	0,35	0,08	-	2,03	-	-	0,02	101,87	-	26,78	-	33,57	8,08	-	32,85	-	-	0,58	-	-	
	4/ 163	Sulkeuma 2/2	Omanmuotoinen	Sulkeuman ulkoreunan toinen puoli, hieman Vaaleampi kuin 2/1	Os-Lauriitti	-	0,53	-	0,29	0,14	-	1,98	-	-	0,06	103,80	-	27,21	-	28,15	13,78	-	32,24	-	-	2,42	-	-	
	4/ 164	Sulkeuma 2/3		Sulkeuman sisus	Os-Lauriitti	-	0,50	-	0,34	0,10	-	2,02	-	-	0,03	101,88	-	25,58	-	32,86	9,57	-	32,62	-	-	1,25	-	-	
	4/ 167	Sulkeuma 2/6		Mustan ympärdöimä	Os-Lauriitti	-	0,50	-	0,28	0,13	-	1,88	-	-	0,06	103,20	-	26,71	-	28,15	12,83	-	31,85	-	-	2,36	-	1,30	
	4/ 171	Sulkeuma 1/1	Pisara	Tumman harmaa	Os-Lauriitti	-	0,60	-	0,21	0,09	-	1,88	-	-	0,03	102,38	-	34,02	-	21,88	9,84	-	33,69	-	-	1,26	-	1,70	
	4/ 173	Sulkeuma 2/1	Omanmuotoinen, vyöhykkeellinen	ulkoreuna	Os-Lauriitti	-	0,60	-	0,21	0,10	-	1,91	-	-	0,04	100,85	-	32,56	-	21,92	10,50	-	33,12	-	-	1,51	-	1,24	
Vuijemi 9	4/ 174	Sulkeuma 2/2		sisus	Os-Lauriitti	-	0,72	-	0,17	0,08	-	2,01	-	-	0,02	99,49	-	39,03	-	16,97	8,16	-	34,42	-	-	0,91	-	-	
	4/ 189	Sulkeuma 2	Pisara		Os-Lauriitti	-	0,69	-	0,20	0,08	-	1,99	-	-	0,04	103,63	-	38,28	-	20,35	8,75	-	34,80	-	-	1,45	-	-	
	4/ 190	Sulkeuma 3	Pisara	Hieman	Os-Lauriitti	-	0,64	-	0,18	0,08	-	1,92	-	-	0,04	98,45	-	35,20	-	18,29	8,82	-	33,36	-	-	1,53	-	1,26	
	4/ 191	Sulkeuma 4	Pisara		Os-Lauriitti	-	0,61	-	0,20	0,07	-	1,88	-	-	0,04	101,43	-	34,80	-	21,25	7,66	-	34,29	-	-	1,55	-	1,88	
	4/ 192	Sulkeuma 5	Omanmuotoinen		Os-Lauriitti	-	0,71	-	0,17	0,07	-	2,02	-	-	0,03	101,67	-	39,30	-	17,70	7,56	-	35,67	-	-	1,43	-	-	
	4/ 195	Sulkeuma 7/1	Omanmuotoinen/pisara, tumman Tiitaanioksidireunuksen ympärdöimä	Keskeltä	Os-Lauriitti	-	0,76	-	0,13	0,06	-	2,04	-	-	0,01	104,01	-	44,27	-	14,78	6,68	-	37,75	-	-	0,53	-	-	

Lauriitti		Ionisuhteet laskett 3:n Ionin perusteella													Alkuaineipitoisuudet %														
Nimi	Spectrum	Päämineraali /Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Al	O	
Raahenpiirt2	5/ 62	Sulkeuma 21/2	Irasriltti ja vyöhykkeellinen lauriitti sulkeuma yhdessä, pisanan mallinen	Tumman Osan keskeltä	Lauriitti	-	0,96	-	-	-	-	2,04	-	-	-	96,49	-	57,53	-	-	-	-	-	38,96	-	-	-	-	-
	5/ 65		Irasriltti ja vyöhykkeellinen lauriitti sulkeuma yhdessä, pisanan mallinen		Lauriitti	-	0,80	-	0,11	0,06	-	2,01	-	-	0,02	102,22	-	46,24	-	12,00	6,11	-	36,85	-	-	1,02	-	-	
	5/ 70	Sulkeuma 23	Onamuotoinen , vyöhykkeellinen	Keskeltä	Lauriitti	-	0,94	-	-	0,02	-	2,02	-	-	0,02	99,74	-	57,54	-	-	2,06	-	39,30	-	-	0,84	-	-	
	5/ 77	Sulkeuma 4/1	Selvästi vyöhykkeellinen onamuotoinen sulkeuma jossa tumma sisus ja vaaleampi kehä	Keskeltä tumma	Lauriitti	-	0,89	-	-	0,07	-	2,04	-	-	0,01	99,07	-	52,76	-	-	7,38	-	38,56	-	-	0,37	-	-	
Ivalojoeki Imurim	5/ 78	Sulkeuma 4/2		Reunasta Vaalea	Os-Lauriitti	-	0,52	-	0,30	0,14	-	1,99	-	-	0,06	97,92	-	25,04	-	27,47	12,90	-	30,54	-	-	1,98	-	-	
	5/ 79	Sulkeuma 5	Onamuotoinen tumma, pitkulainen		Lauriitti	-	0,74	-	0,08	0,08	-	1,90	-	-	0,02	104,29	-	45,90	-	9,56	8,87	-	37,29	-	-	0,93	-	1,73	
	5/ 80	Sulkeuma 6/1	Sulkeuma rakeen reunassa keskellä pitkulainen mineraali	Keskeltä	Lauriitti-erlichmaniitti	-	0,58	-	0,29	0,09	-	2,01	-	-	0,03	97,35	-	28,59	-	27,12	8,86	-	31,65	-	-	1,13	-	-	
	5/ 81	Sulkeuma 6/2		Reunasta	erlichmaniitti-Lauriitti	-	0,35	-	0,48	0,10	-	2,03	-	-	0,04	96,00	-	16,09	-	40,62	8,88	-	29,18	-	-	1,22	-	-	
	5/ 140	Sulkeuma 8	Pitkulainen suotauma joka on kristallografisesti orientoitunut		lauriitti	-	0,86	-	0,05	0,02	-	1,92	-	-	-	-	98,34	-	51,94	-	5,61	2,63	-	36,76	-	-	-	1,40	
	5/ 141	Sulkeuma 9	Pitkulainen suotauma joka on kristallografisesti orientoitunut		Os-lauriitti	-	0,52	0,04	0,29	0,07	-	1,88	0,02	-	0,03	107,60	-	29,86	2,06	31,24	7,12	-	34,14	0,64	-	1,13	-	1,41	
Vuijemi 28	5/ 144	Sulkeuma 11	Pitkulainen suotauma joka on kristallografisesti orientoitunut		Lauriitti	-	0,82	-	0,05	-	0,12	1,96	0,05	-	0,01	105,79	-	48,27	-	5,60	-	13,15	36,67	1,62	-	0,49	-	-	
	5/ 145	Sulkeuma 12	Pitkulainen suotauma joka on kristallografisesti orientoitunut		Lauriitti	-	0,84	-	0,03	0,03	0,19	1,85	0,06	-	-	95,43	-	41,59	-	2,88	2,59	17,90	28,92	1,54	-	-	-	-	
Vuijemi 28	5/ 151	Sulkeuma 1/2	Vyöhykkeellinen	Sulkeuman uloilmmalta vyöhykkeestä	Os-lauriitti	-	0,69	0,03	0,20	0,06	-	2,01	-	-	0,02	103,14	-	38,30	1,56	20,55	6,23	-	35,71	-	-	0,79	-	-	
Vuijemi 33	5/ 167	Sulkeuma 1/1	Onamuotoinen, vyöhykkeellinen, sulkeumassa hieman röpelöiset reunat	Sisus	Lauriitti	-	0,91	-	-	-	-	1,93	-	-	-	-	105,64	-	61,95	-	-	-	-	41,96	-	-	-	1,74	
	5/ 175	Sulkeuma1/3		Uloimpiireuna	Lauriitti-erlichmaniitti	-	0,47	-	0,37	0,11	-	2,02	-	-	0,03	100,02	-	22,83	-	34,32	10,41	-	31,35	-	-	1,12	-	-	
	5/ 176	Sulkeuma 2	Hieman onamuotoinen, homogeeninen		Lauriitti-erlichmaniitti	-	0,43	-	0,37	0,11	-	1,91	-	-	0,04	99,67	-	21,73	-	34,46	10,50	-	30,30	-	-	1,59	-	1,10	
	5/ 177	Sulkeuma 3/1	Vyöhykkeellinen Sulkeuma, sisus,	sisus	Lauriitti	-	0,89	-	-	0,01	-	1,92	-	-	-	100,09	-	57,61	-	-	1,46	-	39,28	-	-	-	1,74		
	5/ 178	Sulkeuma 3/2	Onamuotoinen	Ulkoreuna	Lauriitti-erlichmaniitti	-	0,42	-	0,39	0,08	-	1,95	-	-	0,02	96,83	-	20,69	-	36,02	7,90	-	30,48	-	-	0,72	-	1,03	
	5/ 180	Sulkeuma 4/2		Keskeltä	Lauriitti-erlichmaniitti	-	0,47	-	0,34	0,08	-	1,89	-	-	-	101,03	-	25,02	-	34,03	8,24	-	31,92	-	-	-	-	1,81	

Lauriitti		Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella												Alkuainepitoisuudet %															
Nimi	Spectrum	Päämineraali	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Al	O	
Marjakangas98	5/ 181	Sulkeuma 1	Omamuotoinen, orientoitunut isossa mittakaavassa		Lauriitti	-	0,89	-	-	0,02	-	1,95	-	-	-	-	90,79	-	51,33	-	-	2,68	-	35,54	-	-	-	-	1,26
	5/ 182	Sulkeuma 2	Hienan omamuotoinen, orientoitunut isossa mittakaavassa		Lauriitti	-	0,74	-	0,12	0,05	-	1,91	-	-	0,02	91,64	-	39,66	-	12,15	5,07	-	32,56	-	-	0,90	-	1,30	
	5/ 183	Sulkeuma 3	Hienan omamuotoinen, orientoitunut isossa mittakaavassa		Lauriitti	-	0,96	-	-	-	-	2,04	-	-	-	94,67	-	56,71	-	-	-	37,96	-	-	-	-	-		
	5/ 185	Sulkeuma 5	Omamuotoinen, orientoitunut isossa mittakaavassa		Lauriitti	-	0,78	-	0,09	0,05	-	2,06	-	-	0,02	83,28	-	38,07	-	8,24	4,58	-	31,67	-	-	0,73	-		
	5/ 186	Sulkeuma 6	Pitkulainen, kristallografisesti orientoitunut		Lauriitti	-	0,85	-	0,07	0,04	-	2,02	-	-	0,02	99,71	-	49,70	-	7,90	4,10	-	37,30	-	-	0,71	-		
	5/ 194	Sulkeuma 9	Hienan omamuotoinen, orientoitunut isossa mittakaavassa		Lauriitti	-	0,95	-	-	-	-	2,05	-	-	-	101,10	-	60,16	-	-	-	40,94	-	-	-	-	-		
	5/ 195	Sulkeuma 10	Pitkulainen, kristallografisesti orientoitunut		Lauriitti	-	0,87	-	0,05	0,06	-	2,00	-	-	0,02	104,04	-	52,67	-	5,42	6,34	-	38,53	-	-	1,08	-		
	5/ 196	Sulkeuma 11	Pisaranmuotoinen, orientoitunut isossa mittakaavassa		Lauriitti	-	0,74	-	0,12	0,04	-	1,95	-	-	0,01	104,03	-	45,38	-	14,29	4,63	-	37,93	-	-	0,55	-	1,24	
	5/ 201	Sulkeuma 16	Pienemmässä krakissä oleva Sulkeuma		Lauriitti	-	0,87	-	0,06	0,04	-	2,02	-	-	0,02	99,85	-	50,69	-	6,85	4,07	-	37,50	-	-	0,73	-	-	
	Marjakangas84	5/ 217	Sulkeuma 10	Vieras muotoinen, orientoitunut isossa kaavassa, suotauma, rakeessa rutenium suotaumia	Hyvin tumma rae	Lauriitti	-	0,84	-	-	-	-	1,76	-	0,06	-	100,87	-	56,64	-	-	-	-	37,66	-	2,47	-	-	3,40
	5/ 218	Sulkeuma 11	Vieras muotoinen, orientoitunut isossa kaavassa, suotauma	Tumma	Lauriitti	-	0,87	0,05	-	-	-	1,84	-	-	-	102,41	-	57,94	3,30	-	-	-	38,69	-	-	-	-	2,49	
	5/ 220	Sulkeuma 13	Vierasmuotoinen, orientoitunut isossa kaavassa, suotauma	Harmaan tumma	Lauriitti	-	0,91	-	-	-	-	1,87	-	-	0,01	99,31	-	58,65	-	-	-	-	38,10	-	-	0,43	-	2,13	
	5/ 222	Sulkeuma 15	Pitkula, kristallografisesti orientoitunut		Lauriitti	-	0,99	-	-	-	-	1,98	0,03	-	-	78,81	-	47,76	-	-	-	-	30,19	0,86	-	-	-	-	
Merel 3	6/ 45	Sulkeuma 3/2	suuri 100µm sulkeuma		erlichmaniitti	-	0,40	-	0,48	0,08	-	2,04	-	-	-	97,41	-	18,70	-	41,69	7,16	-	29,87	-	-	-	-	-	
	6/ 49	Sulkeuma 5/1	suuri 100µm sulkeuma	Tumma osa	erlichmaniitti-Lauriitti	-	0,38	-	0,49	0,08	-	2,04	-	-	-	97,76	-	17,58	-	42,93	7,24	-	30,02	-	-	-	-	-	
Luh4	6/ 179	Sulkeuma 1/2	Omamuotoinen, orientoitunut isossa mittakaavassa	Ulompaa	Lauriitti	-	0,52	-	0,32	0,10	-	2,03	-	-	0,04	97,40	-	25,71	-	29,43	9,14	-	31,70	-	-	1,42	-	-	
	6/ 181	Sulkeuma 3	Omamuotoinen, orientoitunut isossa mittakaavassa	Keskeltä	Lauriitti	-	0,93	-	-	0,03	-	2,03	-	-	0,01	106,48	-	60,47	-	-	3,90	-	41,76	-	-	0,36	-	-	
Merel 20	6/ 279	Sulkeuma 3	Pitkula, kristallografisesti orientoitunut, hiuksen ohut.	Volnut ottaa kontaminaatiota ympäristöstä, (isoferroplatin a)	Lauriitti-erlichmaniitti	-	0,28	-	0,38	0,09	0,27	1,73	0,09	-	0,01	99,31	-	12,12	-	30,77	7,28	22,08	23,61	2,03	-	0,43	-	1,00	

Lauriitti		Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella													Alkuainepitoisuudet %															
		Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Al	O	
Merel 20	Nimi	6/ 281	Sulkeuma 4/2	Omamuotoinen	Keskeltä	Lauritti- erlichmaniitti	-	0,39	-	0,41	0,16	-	1,96	-	-	0,09	84,63	-	15,21	-	30,37	12,00	-	24,55	-	-	2,50	-	-	-
		6/ 285	Sulkeuma 6/1	Omamuotoinen, vyöhykkeellinen	Keskeltä	lauritti	-	0,83	-	0,06	0,05	-	1,93	-	-	-	101,11	-	50,60	-	6,46	5,54	-	37,22	-	-	-	-	1,28	
		6/ 286	Sulkeuma 6/2		Reunasta keskellä olevaa vyöhykettä	Os-lauriitti	-	0,66	-	0,19	0,06	-	1,96	-	-	-	97,37	-	36,22	-	19,42	6,72	-	33,92	-	-	-	-	1,08	
Vehvi 107		7/ 80	Sulkeuma 2	Vyöhykkeellinen	Keskeltä	Lauriitti	-	0,80	-	0,13	0,06	-	2,01	-	-	-	101,23	-	45,52	-	13,34	6,24	-	36,13	-	-	-	-	-	-
		7/ 83	Sulkeuma 5	Pitkulainen	Keskeltä	lauriitti	-	0,75	-	0,17	0,06	-	2,02	-	-	-	94,44	-	38,75	-	16,76	5,93	-	33,00	-	-	-	-	-	-
		7/ 84	Sulkeuma 6	Pitkulainen		Lauriitti	-	0,89	-	0,05	0,03	-	2,02	-	-	-	97,11	-	51,14	-	5,44	3,75	-	36,78	-	-	-	-	-	-
vehvi107 (2)		7/ 85	Sulkeuma 7	Pitkulainen		Lauriitti	-	0,80	-	0,07	0,07	0,75	2,06	0,25	-	-	109,35	-	26,45	-	4,59	4,30	47,83	21,59	4,60	-	-	-	-	-
		7/ 99	Sulkeuma 1/1	Pisaran mallisia, orientoituneet isossa mittakaavassa		Os-Lauriitti	-	0,58	-	0,30	0,06	-	2,05	-	-	0,01	101,61	-	30,71	-	30,04	5,77	-	34,56	-	-	0,53	-	-	-
		7/ 102	Sulkeuma 4	Pisaran mallisia, orientoituneet isossa mittakaavassa		Os-Lauriitti	-	0,57	-	0,31	0,05	-	2,05	-	-	0,02	105,01	-	31,40	-	31,60	5,56	-	35,78	-	-	0,67	-	-	-
		7/ 103	Sulkeuma 5	Pisaran mallisia, orientoituneet isossa mittakaavassa		Os-Lauriitti	-	0,57	-	0,31	0,06	-	2,07	-	-	-	100,38	-	29,97	-	30,41	5,58	-	34,43	-	-	-	-	-	-
		7/ 104	Sulkeuma 6/1	Pisaran mallisia, vyöhykkeellinen, orientoituneet isossa mittakaavassa	ulko	Os-Lauriitti	-	0,58	-	0,29	0,06	-	2,04	-	-	0,02	97,87	-	29,88	-	28,18	6,08	-	33,10	-	-	0,63	-	-	-
		7/ 105	Sulkeuma 6/2		sisus	Lauriitti	-	0,92	-	-	0,05	-	2,02	-	-	0,01	98,31	-	54,36	-	-	5,39	-	38,07	-	-	0,49	-	-	-
		7/ 106	Sulkeuma 7	Pisaran mallisia, orientoituneet isossa mittakaavassa		Os-Lauriitti	-	0,59	-	0,27	0,06	-	2,04	0,03	-	0,02	97,60	-	30,50	-	25,85	6,39	-	33,47	0,78	-	0,60	-	-	-
		7/ 107	Sulkeuma 1/2	Pisaran mallisia, orientoituneet isossa mittakaavassa		Lauriitti	-	0,84	-	0,02	0,03	-	1,90	-	-	0,01	107,57	-	57,18	-	2,60	4,10	-	41,18	-	-	0,38	-	2,14	-
		7/ 108	Sulkeuma 8	Pisaran mallisia, tumma kehä ympäriällä, rakeen reuna		Os-Lauriitti	-	0,57	-	0,30	0,06	-	2,05	-	-	0,01	90,79	-	27,19	-	26,77	5,45	-	30,91	-	-	0,46	-	-	-
Vehvi 34		7/ 109	Sulkeuma 9/1	kaksi osainen, toinen kaolinia	Tumman harmaa Osa	Os-Lauriitti	-	0,56	-	0,32	0,06	-	2,04	-	-	0,01	100,97	-	29,38	-	31,48	5,71	-	33,83	-	-	0,56	-	-	-
		7/ 241	Sulkeuma 1	Pisaran mallinen, orientoitunut isossa mittakaavassa, homogeeninen		Lauriitti	-	0,76	-	0,14	0,05	-	2,05	-	-	-	100,54	-	42,88	-	15,05	5,91	-	36,70	-	-	-	-	-	-
		7/ 242	Sulkeuma 2	Pisaran mallinen, orientoitunut isossa mittakaavassa, homogeeninen		Lauriitti	-	0,77	-	0,14	0,06	-	2,03	-	-	0,01	94,45	-	40,49	-	13,87	5,67	-	34,07	-	-	0,34	-	-	-

Lauritti		Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella															Alkuaineptoisuudet %														
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Al	O			
Vehvi 34	7/ 243	Sulkeuma 3	Pisaran mallinen, orientoitunut isossa mittakaavassa, homogeeninen		lauritti	-	0,77	-	0,14	0,06	-	2,04	-	-	-	91,92	-	39,67	-	13,35	5,43	-	33,47	-	-	-	-	-			
						-	0,76	-	0,14	0,05	-	2,05	-	-	-	97,88	-	42,11	-	14,29	5,63	-	35,85	-	-	-	-	-			
	7/ 245	Sulkeuma 4/2	Hieman vyöhykkeellinen, orientoitunut isossa mittakaavassa	Reunasta	lauritti	-	0,77	-	0,13	0,06	-	2,04	-	-	-	100,62	-	43,54	-	13,90	6,73	-	36,45	-	-	-	-	-			
						-	0,77	-	0,14	0,05	-	2,04	-	-	-	97,50	-	42,14	-	14,78	5,08	-	35,50	-	-	-	-	-			
Vehvilainen 21	7/ 291	Sulkeuma 2/2	Vyöhykkeellinen	tumma	Lauritti	-	0,77	-	0,06	0,07	-	1,86	-	-	0,02	98,64	-	45,75	-	7,08	7,64	-	35,12	-	-	1,02	-	2,03			
	7/ 294	Sulkeuma 2/5		tumma	Lauritti	-	0,80	-	0,06	0,06	-	1,91	-	-	0,02	98,05	-	46,96	-	6,70	6,71	-	35,54	-	-	0,73	-	1,41			
Vehvilainen 24	7/ 304	Sulkeuma 1	Homogeeninen, pisaran mallinen		Lauritti- erichmaniitti	-	0,44	-	0,35	0,11	-	1,91	-	-	0,03	99,53	-	22,04	-	33,48	10,91	-	30,61	-	-	1,29	-	1,20			
	7/ 306	Sulkeuma 2	Vierasmuotoinen, pisaran mallinen		Lauritti- erichmaniitti	-	0,49	-	0,29	0,13	-	1,92	-	-	0,04	101,55	-	25,55	-	28,61	12,53	-	32,07	-	-	1,69	-	1,11			
	7/ 307	Sulkeuma 3	Vierasmuotoinen, homogeeninen röpelöinen		Lauritti- erichmaniitti	-	0,44	-	0,34	0,10	-	1,91	-	-	0,03	96,60	-	22,20	-	31,90	9,65	-	30,28	-	-	1,21	-	1,35			
	7/ 308	Sulkeuma 4	Vierasmuotoinen, homogeeninen röpelöinen		Lauritti- erichmaniitti	-	0,52	-	0,36	0,13	-	2,09	0,03	-	0,05	107,00	-	24,09	-	31,49	11,32	-	30,99	0,88	-	1,68	-	5,93			
	7/ 310	Sulkeuma 5/1	Harmaa onamuotoinen		Lauritti- erichmaniitti	-	0,43	-	0,38	0,10	-	1,94	-	-	0,02	100,08	-	21,40	-	36,15	9,10	-	30,89	-	-	0,84	-	0,97			
	7/ 314	Sulkeuma 2	Pieni sulkeuma		Erichmaniitti- Lauritti	-	0,29	-	0,49	0,11	-	1,94	-	-	0,03	86,60	-	12,04	-	38,06	8,90	-	25,69	-	-	1,00	-	0,90			
Erichmaniitti		Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella															Alkuaineptoisuudet %														
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Al	O			
vuljemi 2	2/ 134	Sulkeuma 1/2	Omamuotoinen, vyöhykkeellinen sulkeuma	Reunasta	Erichmaniitti	-	0,16	-	0,63	0,08	-	1,93	-	-	-	100,91	-	7,68	-	55,60	7,51	-	-	28,69	-	-	-	-			
	2/ 136	Sulkeuma 5	Pisaran mallinen		Erichmaniitti	-	0,16	-	0,68	0,10	-	2,06	-	-	-	96,39	-	6,68	-	53,91	8,09	-	-	27,70	-	-	-	-			
Messiollia 5	3/ 95	Sulkeuma 3/5	Keskellä tumma mineraali, sulkeuma		Ru- erichmaniitti	-	0,15	0,09	0,42	0,17	-	1,84	0,04	-	0,03	95,94	-	7,28	4,13	37,58	15,15	-	-	27,71	1,04	-	1,12	-			
	3/ 96	Sulkeuma 3/6	Keskellä skeletaalininen		Ru- erichmaniitti	-	0,18	0,08	0,42	0,18	-	2,04	0,06	-	0,03	91,99	-	7,86	3,72	34,44	15,22	-	-	28,25	1,51	-	0,97	-			
Messiollia 8	3/ 153	Sulkeuma 1/1	Hieman omamuotoinen, homogeeninen	keskus	Ru- erichmaniitti	-	0,31	-	0,47	0,08	-	1,93	-	-	0,04	98,90	-	15,31	-	43,52	7,54	-	-	29,89	-	-	1,36	-			

D Irarsiitti-Hollingworthiitti

Irarsiitti/ Hollingworthiitti	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella												Alkuainepitoisuudet %													
Nimi						Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Sb	O														
Vuijemi14	1/ 88	Sulkeuma 19/12	Tumma kohta cooperiitti sulkeumassa. Sulkeumassa myös lauriittia		Hollingworthiitti	-	-	1	-	-	0,05	1	-	-	0,9	99,5	-	-	48,4	-	-	4,39	16,23	-	-	30,5	-	-	-	-	-
	6/ 197	Sulkeuma 1/2	Omanmuotoinen, orientoitunut isossa kaavassa	Ulkokehä	Hollingworthiitti	-	0,11	0,3	0	0,2	0,18	1	-	-	0,9	103	-	4,8	14,9	9,6	15,9	14,9	13,95	-	-	27,8	-	0,9	-	-	-
Luh 2	6/ 210	Sulkeuma 9	omanmuotoinen orientoitunut isossa kaavassa		irarsiitti	-	0,07	0,4	-	0,4	0,06	1	-	-	0,9	101	-	3	15,6	-	34,9	4,88	13,19	-	-	29	-	1	-	-	-
	6/ 214	Sulkeuma 10/2	Omanmuotoinen	Ulkokehä	Hollingworthiitti-irarsiitti	-	0,13	0,3	0	0,2	0,2	1	0	-	0,9	102	-	5,5	12	6,1	19,2	16,3	13,17	1	-	28,4	-	0,9	-	-	-
Imurimies ivallojoki 6	6/ 220	Sulkeuma 12	Pitkulainen, orientoitunut		Hollingworthiitti-irarsiitti	-	0,12	0,3	-	0,4	0,18	1	-	-	1	98,3	-	4,5	10,4	-	31,4	13,1	11,75	-	-	27	-	-	-	-	-
	2/ 18	Sulkeuma 1/3	Vierasmuotoinen sulkeuma	reunasta	Irarsiitti	-	-	0,1	0	0,7	0,09	1	-	-	0,9	99,3	-	-	1,85	6,6	47,1	6,22	12,73	-	-	24,9	-	-	-	-	-
Messioliila3	2/ 94	Sulkeuma 1/1	Harmaa pisanar mallinen Sulkeuma jota ympäröi musta kehä, titaanioksidia (rapautunut?)	Analyyysi harmaasta sisustasta	Irarsiitti	-	-	0	-	0,9	-	1	-	-	0,9	104	-	-	1,79	-	64,8	-	12,64	-	-	25,2	-	-	-	-	-
	2/ 95	Sulkeuma 2	Harmaa sulkeuma mutta ei ympäröivää mustaa kehää		Irarsiitti	-	-	-	-	1	-	1	-	-	0,9	109	-	-	-	-	-	69,9	-	13,43	-	-	25,6	-	-	-	-
	2/ 96	Sulkeuma 3	Hieman omamuotoinen harmaa Sulkeuma (ei mustaa kehää)		Irarsiitti	-	-	0,1	-	0,9	-	1	-	-	0,9	111	-	3,31	-	66,8	-	12,98	-	-	27,3	-	0,9	-	-	-	-
	2/ 98	Sulkeuma 5	Hieman pisanar mallinen sulkeuma jota ympäröi musta kehä (titaanioksidia), vaikuttaisi Hieman omamuotoiselta	Analyyysi harmaata sisustasta	Irarsiitti	-	-	-	-	0,9	-	1	-	-	0,9	97,3	-	-	-	-	61,7	-	13,17	-	-	22,4	-	-	-	-	-
	2/ 99	Sulkeuma 6	Vierasmuotoinen harmaa sulkeuma jota ympäröi musta kehä (titaanioksid)	Kekseltä harmaata	Irarsiitti	-	-	-	-	0,9	-	1	-	-	0,9	95,2	-	-	-	-	60,5	-	12,57	-	-	22,1	-	-	-	-	-
	2/ 100	Sulkeuma 7	Vierasmuotoinen harmaa sulkeuma jota ympäröi musta kehä (titaanioksid)	Kekseltä harmaata	Irarsiitti	-	-	-	-	1	-	1	-	-	0,9	96,5	-	-	-	-	61,3	-	12,22	-	-	23	-	-	-	-	-
	2/ 101	Sulkeuma 8			Irarsiitti	-	-	-	-	0,9	-	1	-	-	0,9	101	-	-	-	-	63,9	-	13,52	-	-	23,4	-	-	-	-	-
	2/ 106	Sulkeuma 1/4	Tunnempi kohta Sulkeuman ja musta vyöhykkeen (titaanioksid)		Irarsiitti	-	-	0,1	-	0,8	-	1	-	-	0,9	101	-	-	4,83	-	56,4	-	12,65	-	-	26,1	-	0,9	-	-	-
	2/ 108	Sulkeuma 8	pitkulainen, sulkeuma	Kekseltä	Irarsiitti	-	-	-	-	0,9	-	1	-	-	0,9	103	-	-	-	-	64,7	-	13,88	-	-	24	-	-	-	-	-
	2/ 109	Sulkeuma 9	Hieman omamuotoinen	Kekseltä	Irarsiitti	-	-	-	-	1	-	1	-	-	0,9	103	-	-	-	-	66,1	-	13,24	-	-	23,9	-	-	-	-	-
	2/ 110	Sulkeuma 10	Hieman omamuotoinen	Kekseltä	Irarsiitti	-	-	-	-	1	-	1	-	-	0,9	103	-	-	-	-	66	-	13,44	-	-	24,1	-	-	-	-	-
	2/ 118	Sulkeuma 5/8	Harmaa kohta heti mustan kehän (titaanioksid)		Irarsiitti	-	-	-	-	0,9	-	1	-	-	0,9	98,6	-	-	-	-	62,8	-	12,85	-	-	23	-	-	-	-	-

Irsiitti Nimi		Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella														Alkuainepitoisuudet %													
		Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Sb	O					
Miessiolilla 8		3/ 155	Sulkeuma 2/1		Millainen		Mistä		Mineraali		Irsiitti																		
		Omanmuotoinen		keskeltä		Irsiitti																							
Miessiolilla 6		3/ 157	Sulkeuma 3		pisaran mallinen		keskeltä		Irsiitti																				
		4/ 13	Sulkeuma 2/1		Hieman omamuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa		Irsiitti																						
		4/ 15	Sulkeuma 3/1		Omamuotoinen, yhdessä atokiitin kanssa		Irsiitti																						
		4/ 17	Sulkeuma 4		Omamuotoinen, tumman kehän ympäröimä		Irsiitti																						
		4/ 24	Sulkeuma 7		Omanmuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa		Irsiitti																						
		4/ 28	Sulkeuma 9		Omanmuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa		Irsiitti																						
		4/ 32	Sulkeuma 13		Omanmuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa		Irsiitti																						
		4/ 34	Sulkeuma 15		Omanmuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa		Irsiitti																						
		4/ 36	Sulkeuma 17/1		Vierasmuotoinen, yhdessä atokiitin kanssa		Irsiitti																						
		4/ 39	Sulkeuma 18/2		Hieman omamuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa, yhdessä atokiitin kanssa		Irsiitti																						
		4/ 43	Sulkeuma 21		Omanmuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa		Irsiitti																						
		4/ 44	Sulkeuma 22		Omanmuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa		Irsiitti																						
		4/ 58	Sulkeuma 25/2		Omanmuotoinen, yhdessä atokiitin kanssa.		Irsiitti																						
		4/ 61	Sulkeuma 30/1		Pitkulainen, Omanmuotoinen, yhdessä atokiitin kanssa.		Irsiitti																						
		4/ 64	Sulkeuma 32		Omanmuotoinen		Irsiitti																						
		4/ 65	Sulkeuma 33		Omanmuotoinen		Irsiitti																						
		4/ 68	Sulkeuma 35		Hieman omamuotoinen		Irsiitti																						
		4/ 69	Sulkeuma 36		Pitkulainen, omamuotoinen		Irsiitti																						
		4/ 70	Sulkeuma 37		Omamuotoinen		Irsiitti																						
4/ 71	Sulkeuma 34/3		Pitkulainen, yhdessä atokiitin kanssa		Irsiitti																								

Irsiitti Nimi	Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella																Alkuainepitoisuudet %															
	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Sb	O									
Miessiolilla 6	4/ 74	Sulkeuma 38/1	Millainen	Mistä	Mineraali																											
Miessiolilla 18	4/ 89	Sulkeuma 1/7	Monifaasisen sulkeuman reuna	Vasen reuna	Irsiitti																											
	4/ 91	Sulkeuma 1/9	Väyhykkeellinen	Alareuna	Irsiitti																											
	4/ 127	Sulkeuma 4/1	Vyöhykkeellinen	Reuna	Irsiitti																											
	4/ 131	Sulkeuma 5/3	Vyöhykkeellinen , kaksi faasia sulkeuman sisällä	Toisen sulkeuman reuna	Irsiitti																											
Vuijemi 3	4/ 134	Sulkeuma 5/6		toisen sulkeuman keskusta	Irsiitti																											
		Sulkeuma																														
	4/ 212	1/1/2	Vyöhykkeellinen	Sulkeuman keskeltä	Irsiitti																											
	4/ 216	Sulkeuma 3	Vierasmuotoinen	Sulkeuman keskeltä	Irsiitti																											
Raahenpiirtti2	5/ 29	Sulkeuma 1	Pisara, omanmuotoinen		Irsiitti																											
	5/ 42	Sulkeuma 8/3	Kontaktissa laurittisulkeuman kanssa	Keskeltä	Irsiitti																											
	5/ 43	Sulkeuma 9	Vaalea sulkeuma		Irsiitti																											
	5/ 47	Sulkeuma 10/4	Vaaleampi osa, vyöhykkeellinen	Keskeltä,	Irsiitti																											
	5/ 49	Sulkeuma 12/1	Vyöhykkeellinen omamuotoinen	Vyöhykkeen reunasta	Irsiitti																											
	5/ 51	Sulkeuma 13/1	Vyöhykkeellinen, omamuotoinen	Keskeltä	Irsiitti																											
	5/ 52	Sulkeuma 13/2		Reunempaa	Irsiitti																											
	5/ 53	Sulkeuma 14/1	Vyöhykkeellinen omamuotoinen	vaaleammasta, Keskeltä	Irsiitti																											
	5/ 54	Sulkeuma 14/2		tummemmasta, keskeltä	Irsiitti																											
	5/ 55	Sulkeuma 15/1	Omamuotoinen, vyöhykkeellinen	keskeltä	Irsiitti																											
	5/ 56	Sulkeuma 15/2		Reunasta	Irsiitti																											
	5/ 57	Sulkeuma 16	Omamuotoinen, vyöhykkeellinen	Keskeltä	Irsiitti																											

Irrasiitti Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Mineraali	Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella																Alkuainepitoisuudet %											
					Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	As	Sb	O					
Raahenpiirtiz	5/ 59	Sulkeuma 17/2	Vyöhykkeellinen, omamuotoinen sulkeuma	Vaaleasta reunasta	Irrasiitti	-	0,06	0,1	-	0,8	-	1	-	-	0,9	106	-	2,3	4,66	-	59,5	-	13,87	-	-	25,7	-	-				
	5/ 61	Sulkeuma 19	Omamuotoisen Sulkeuma, vyöhykkeellinen, hieman tummempi sisus	Keskeltä	Irrasiitti	-	0,05	0,3	-	0,7	-	1	-	-	0,9	103	-	1,9	10,3	-	51,2	-	13,85	-	-	26,1	-	-				
	5/ 63	Sulkeuma 20/2	Vyöhykkeellinen, vaaleampi osa	Reunasta	Irrasiitti	-	0,05	0,2	-	0,8	-	1	-	-	0,9	101	-	1,8	6,85	-	54,9	-	12,83	-	-	25,1	-	-				
			Kaksi selvästi toisistaan erottuvaa osaa, tummempi ja vaaleampi, tumma osa pitkulainen ja vaikuttaisi olevan ympärysm mineraali ja vaaleampi sisus																													
Ivalojoeki Imurimies 2	5/ 64	Sulkeuma 21/1	mineraali	Tumman osan keskeltä	Irrasiitti	-	0,05	0,2	-	0,8	-	1	-	-	0,9	106	-	1,9	6,89	-	57,9	-	13,19	-	-	25,8	-	-				
	5/ 67	Sulkeuma 22/2	Vyöhykkeellinen	Tummemman osan keskeltä	Irrasiitti	-	0,06	0,2	-	0,8	-	1	-	-	0,9	103	-	2,4	6,99	-	54,9	-	13,6	-	-	25,1	-	-				
	5/ 76	Sulkeuma 3	Omamuotoinen pirstaleinen Sulkeuma, mustia kohtia keskellä		Irrasiitti	-	-	-	0	0,9	-	1	-	-	0,9	99,6	-	-	-	-	2,4	61,2	-	12,58	-	-	23,5	-	-			
	5/ 137	Sulkeuma 5	Omamuotoinen		Irrasiitti	-	-	0,2	-	0,8	-	1	-	-	0,9	109	-	-	6,71	-	60,1	-	13,87	-	-	27,3	-	1,1				
Vuilemi8	5/ 139	Sulkeuma 7	Omamuotoinen		Irrasiitti	-	-	0,2	-	0,8	-	1	-	-	0,9	108	-	-	6,86	-	59,9	-	14,16	-	-	27,5	-	-				
	5/ 160	Sulkeuma 1	Pitkulainen, Kristallografisesti orientoitunut	Kristallografisesti orientoitunut	Irrasiitti	-	-	-	0	0,9	-	1	-	-	0,9	97,5	-	-	-	4,3	58,4	-	12,9	-	-	21,9	-	-				
	5/ 161	Sulkeuma 2	Hieman pitkulainen, Kristallografisesti orientoitunut	Kristallografisesti orientoitunut	Irrasiitti	-	-	-	0	0,9	-	1	-	-	0,9	98,6	-	-	-	4	59,3	-	13,16	-	-	22,1	-	-				
	5/ 163	Sulkeuma 4	Omamuotoinen, Kristallografisesti orientoitunut	Kristallografisesti orientoitunut	Irrasiitti	-	-	-	0	0,9	-	1	-	-	0,9	107	-	-	-	3,6	65,1	-	13,88	-	-	24,7	-	-				
Vuilemi30	5/ 164	Sulkeuma 5	Omamuotoinen, Kristallografisesti orientoitunut	Kristallografisesti orientoitunut	Irrasiitti	-	-	-	-	0,9	-	1	-	-	0,9	95,9	-	-	-	60,4	-	13,15	-	-	22,3	-	-					
	5/ 165	Sulkeuma 6	Hieman pitkula, Kristallografisesti orientoitunut	Kristallografisesti orientoitunut	Irrasiitti	-	-	0	0	0,9	-	1	-	-	0,9	104	-	-	0,95	5	61,4	-	13,27	-	-	23,3	-	-				
	5/ 166	Sulkeuma 7	Omamuotoinen, Kristallografisesti orientoitunut	Kristallografisesti orientoitunut	Irrasiitti	-	-	-	0	0,9	-	1	-	-	0,9	105	-	-	-	4,5	63,2	-	13,89	-	-	23,6	-	-				
	Merel 3	6/ 57	Sulkeuma 8	Rakeen reunassa, cooperiitin ja laurilitin välissä	Irrasiitti	-	-	-	-	1	-	1	-	-	0,9	98,1	-	-	-	-	63,1	-	12,85	-	-	22,1	-	-				
Luh 2	6/ 196	Sulkeuma 1/1	Vyöhykkeellinen omamuotoinen, orientoitunut isossa kaavassa	Sisus vaaleampi	Irrasiitti	-	-	0,1	-	0,9	-	1	-	-	0,9	101	-	-	2,21	-	62,3	-	12,64	-	-	24	-	-				
			Vyöhykkeellinen sisus omamuotoinen, ulkokehä vierasmuotoinen, orientoitunut isossa kaavassa			-	-	0,1	-	0,9	-	1	-	-	0,9	106	-	-	4,31	-	62,2	-	13,88	-	-	25,2	-	-				
	6/ 198	Sulkeuma 2/1	Sisus		rh-Irrasite	-	-	0,16	0,2	0	0,3	0,2	1	-	-	0,9	109	-	6,9	9,92	6,3	23,8	17,4	14,51	-	-	29	-	1,1			
	6/ 199	Sulkeuma 2/2	Ulkokehä		Irrasite (RuRhPt)																											
Vuilemi200	6/ 200	Sulkeuma 3	Omamuotoinen, orientoitunut isossa kaavassa	Irrasite (RuRhPt)		-	0,15	0,2	0	0,3	0,25	1	-	-	1	106	-	6,3	8,09	4,6	24,3	19,6	13,5	-	-	29,8	-	-				
	6/ 201	Sulkeuma 4/1	Vyöhykkeellinen, orientoitunut isossa kaavassa	Sisus	rh-Irrasite	-	-	0,1	-	0,8	-	1	-	-	0,9	105	-	-	5,74	-	58,9	-	13,7	-	-	25,5	-	1				

Cooperiitti			Ionisuhteet laskett 2:n ionin perusteella													Alkuainepitoisuudet %									
Nimi	Spectrum	päämineraali/Su lkeuma	millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu		
Merel 3	6/ 60	Sulkeuma 10/2	symplektiittisessä sulkeumassa, Vaalea osa (Toinen kashiniittia)	Cooperiitti/ braggiitti	-	-	-	0	1	1	0	0	0	102,7	-	-	-	-	0	87,1	15,3	-	-		
	6/ 68	Sulkeuma 13/1	Vierasmuotoinen, analyysi tummemmasta osasta (keskus)	Cooperiitti/ braggiitti	-	-	-	-	1	1	-	-	-	114,66	-	-	-	-	-	97,9	16,7	-	-		
Vehvi 34	6/ 83	Sulkeuma17/2	Symplektiittinen pisaran mallinen (toinen mineraali kashiniittia	Cooperiitti/ braggiitti	-	-	-	0	1	1	-	-	-	99,09	-	-	-	-	11	72,4	15,4	-	-		
	7/ 277	Sulkeuma /reuna7/9	Rakeen reunan ja hyvin ohuen suotauman välissä, Suotauma cuproiridsiittiä	Cooperiitti/ braggiitti	-	-	-	-	1	1	-	-	-	100,06	-	-	-	-	-	85,1	15	-	-		
Vuijemi14	7/ 279	Reuna /Sulkeuma 8	Rakeen reunassa	Cooperiitti/ braggiitti	-	-	-	-	1	1	-	-	-	100,84	-	-	-	-	-	85,6	15,3	-	-		
	1/ 69	reunamineraali	Rakeen reunassa	Cooperiitti/ braggiitti	-	-	-	-	1	1	-	-	-	96,32	-	-	-	-	-	82,6	12,9	-	-		
Miessiollila 5	3/ 97	Sulkeuma 3/7	Reunan tuntumassa tumma mineraali	PtS2	-	-	-	0	-	1	2	1	0,1	102,39	-	-	-	-	1,6	-	69,1	20,5	10	1,1	

F) Sperryliitti

Spervyliitti	Ionisuhteet laskett 3:n ionin perusteella														Alkuainepitoisuudet %									
	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	As	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	As					
Nimi																								
Vuijemi14	1/ 83	Cooperiitti valtaisen sulkeuman sisässä																						
	6/ 187	Päämineraali																						
Merel 23	6/ 295	Päämineraali																						
	6/ 300	Sulkeuma 3																						
Merel 25	6/ 299	Pieni sulkeuma																						
	6/ 298	sulkeuma 4																						
Merel 14	Krakin sisässä																							
	7/ 15	Sulkeuma/krakki																						
Merel 24	7/ 56	Päämineraali																						
	7/ 169	Päämineraali																						
Merel 14	7/ 173	rakeen reunan																						
	7/ 9	Päämineraali																						
Kazel 2	7/ 121	Päämineraali																						
	7/ 284	Päämineraali																						
Marjakangas																								

G) Atokiitti

Atokite		Ionisuhteet laskett 5:n ionin perusteella										Alkuainepitoisuudet %												
Nimi	Spectrum	päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Sn	Fe	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Sn	O
Miessiolilla 6	4/ 16	Sulkeuma 3/2	Pisaran mallinen sulkeuma, yhdessä irarsiitin kanssa		Atokiitti	1,61	-	-	-	-	1,45	0,94	-	102,17	31,05	-	-	-	-	50,96	-	-	20,16	-
	4/ 19	Sulkeuma 1/2	Pisaran mallinen sulkeuma, yhdessä irarsiitin kanssa		Atokiitti	1,79	-	-	-	-	1,53	1,06	-	104,57	31,89	-	-	-	-	50,06	-	-	20,97	1,65
	4/ 20	Sulkeuma 5	Pisaran mallinen sulkeuma		Atokiitti	1,64	-	-	-	-	1,41	0,96	-	101,73	31,53	-	-	-	-	49,63	-	-	20,58	-
	4/ 23	Sulkeuma 6	Pisaran mallinen sulkeuma		Atokiitti	1,35	-	-	-	-	1,76	1,02	-	100,69	23,33	-	-	-	-	55,52	-	-	19,57	2,27
	4/ 27	Sulkeuma 8/3	Pisaran mallinen sulkeuma, yhdessä irarsiitin kanssa		Atokiitti	1,34	-	-	-	-	1,76	0,97	-	98,22	22,71	-	-	-	-	54,75	-	-	18,39	2,37
	4/ 30	Sulkeuma 11	Pisaran mallinen sulkeuma		Atokiitti	1,36	-	-	-	-	1,80	0,98	-	100,10	23,19	-	-	-	-	56,20	-	-	18,52	2,19
	4/ 35	Sulkeuma 16	Pisaran mallinen sulkeuma		Atokiitti	1,52	-	-	-	-	1,64	0,99	-	102,10	26,99	-	-	-	-	53,33	-	-	19,50	2,28
	4/ 37	Sulkeuma 17/2	Pisaran mallinen sulkeuma, yhdessä irarsiitin kanssa	Sulkeuman ulkoreuna	Atokiitti	1,50	-	-	-	-	1,40	0,89	-	102,76	29,30	-	-	-	-	50,41	-	-	19,49	3,55
	4/ 38	Sulkeuma 18/1	Pisaran mallinen sulkeuma, yhdessä irarsiitin kanssa	Sulkeuman alaosa	Atokiitti	1,51	-	-	-	-	1,55	0,94	-	97,67	27,22	-	-	-	-	51,43	-	-	19,01	-
	4/ 40	Sulkeuma 19/1	Pisaran mallinen sulkeuma	Sulkeuman sisus	Atokiitti	1,62	-	-	-	-	1,63	1,01	-	96,12	26,69	-	-	-	-	49,03	-	-	18,59	1,81
	4/ 56	Sulkeuma 26/2	Pisaran mallinen sulkeuma, yhdessä irarsiitin kanssa	Sulkeuman reunassa	Atokiitti	1,60	-	-	-	-	1,56	1,01	-	100,16	28,14	-	-	-	-	50,04	-	-	19,79	2,19
	4/ 57	Sulkeuma 25/1	Yhdessä irarsiitin kanssa	Sulkeuman reunassa	Atokiitti	1,40	-	-	-	-	1,31	0,85	-	99,98	29,17	-	-	-	-	49,81	-	-	19,63	1,38
	4/ 62	Sulkeuma 30/2	Pisaran mallinen sulkeuma, yhdessä irarsiitin kanssa		Atokiitti	1,64	-	-	-	-	1,42	0,94	-	96,05	29,71	-	-	-	-	47,28	-	-	19,07	-
	4/ 63	Sulkeuma 31	omamuotoinen sulkeuma		Atokiitti	1,72	-	-	-	-	1,53	1,01	-	100,60	30,03	-	-	-	-	48,92	-	-	19,72	1,93
	4/ 66	Sulkeuma 34/1	Pisaran mallinen sulkeuma, yhdessä irarsiitin kanssa		Atokiitti	1,60	-	-	-	-	1,45	0,95	-	98,86	29,70	-	-	-	-	49,41	-	-	19,74	-
	4/ 73	Sulkeuma 38/2	Pisaran mallinen		Atokiitti	1,55	-	-	-	-	1,55	0,97	-	99,38	27,65	-	-	-	-	50,78	-	-	19,26	2,50

H) Hongshiitti

Hongshiniitti						Ionisuhteet laskett 5:n ionin perusteella										Alkuainepitoisuudet %									
Nimi		Spectrum	Pämineraali/sulkeuma	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu			
Marjakangas 99		5/ 249	Reuna	Ympäri nelion muotoista raetta. Tummassa osassa pientä suuntautuneisuutta	Tumma reuna osa	Hongshiniitti	-	-	-	-	1,06	-	0,94	111,39	-	-	-	-	-	-	86,58	-	24,81		
		5/ 251	reuna	Ympäri nelion muotoista raetta jossa vaalea keskus	Tumma reuna osa	Hongshiniitti	-	-	-	-	1,03	-	0,97	110,61	-	-	-	-	-	-	84,60	-	26,01		
		5/ 260	Tumma	Pientä suuntautuneisuutta isossa kaavassa	Rakeen tumma osuus	Hongshiniitti	-	-	-	-	1,07	-	0,93	95,38	-	-	-	-	-	-	74,22	-	21,17		
		5/ 261	Tumma	Pientä suuntautuneisuutta isossa kaavassa	Rakeen tumma osuus	Hongshiniitti	-	-	-	-	1,06	-	0,94	97,50	-	-	-	-	-	-	75,76	-	21,74		
		5/ 263	tumma	Pientä suuntautuneisuutta isossa kaavassa	Rakeen tumma osuus	Hongshiniitti	-	-	-	-	0,99	-	1,01	94,84	-	-	-	-	-	-	71,08	-	23,76		
Merel 1		6/ 109	Sulkeuma 1	Suuntautunut isossa mittakaavassa, suotauma		Hongshiniitti	-	-	-	-	1,00	-	1,00	94,87	-	-	-	-	-	-	71,47	-	23,40		
		6/ 110	Sulkeuma 2	Omamuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa, suotauma		Hongshiniitti	-	-	-	-	1,01	-	0,99	104,75	-	-	-	-	-	-	79,28	-	25,47		
		6/ 111	Sulkeuma 3	Omamuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa, suotauma		Hongshiniitti	-	-	-	-	1,01	-	0,99	109,97	-	-	-	-	-	-	83,38	-	26,60		
		6/ 116	Sulkeuma 15	Pitkulainen pieni, suuntautunut , suotauma		Hongshiniitti	-	-	-	-	1,00	-	1,00	95,50	-	-	-	-	-	-	71,98	-	23,52		
		6/ 117	Sulkeuma 16	Vierasmuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa,		Hongshiniitti	-	-	-	-	1,00	-	1,00	98,02	-	-	-	-	-	-	74,07	-	23,95		
		6/ 119	Sulkeuma 17	Vierasmuotoinen, suuntautunut isossa mittakaavassa,		Hongshiniitti	-	-	-	-	1,01	-	0,99	110,29	-	-	-	-	-	-	83,41	-	26,89		
		6/ 120	Sulkeuma 18	Iso vierasmuotoinen		Hongshiniitti	-	-	-	-	1,02	-	0,98	101,59	-	-	-	-	-	-	77,35	-	24,24		
		6/ 129	Sulkeuma 20	Vierasmuotoinen rae tumma		Hongshiniitti	-	-	-	-	1,01	-	0,99	97,74	-	-	-	-	-	-	74,02	-	23,72		
		6/ 130	Sulkeuma 19/1	Omamuotoinen (neliö) sulkeuma jossa kaksi faasia, suuntautunut	Tummasta osasta	Hongshiniitti	-	-	-	-	1,01	-	0,99	99,71	-	-	-	-	-	-	75,50	-	24,21		

D)Kuproiridsiitti

Cuproiridsiitti		Ionisuhteet laskettu 7:n ionin perusteella														Alkuainepitoisuudet %											
Nimi	Spectrum	Päämineraali/Sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	Au	Ag	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	S	Fe	Cu	O
Vehviläinen 15			Omamuotoinen, syöpynyt reunolta, suuntautunut isossa kaavassa	Keskeltä	cuproiridsiitti	-	-	0,07	-	1,19	0,67	4,06	0,06	0,99	-	-	95,04	-	-	1,15	-	37,67	21,35	21,38	0,57	10,37	2,54
	7/ 316	Sulkeuma 3/2		Reunasta	cuproiridsiitti	-	-	0,08	-	1,26	0,74	4,28	0,08	1,09	-	-	98,77	-	-	1,34	-	38,93	23,25	22,09	0,76	11,19	1,20
	7/ 322	Sulkeuma 7		Syöpynyt/röpel öinen reuna	cuproiridsiitti	-	-	0,09	-	1,21	0,69	4,13	0,05	1,01	-	-	106,01	-	-	1,76	-	41,84	24,09	23,83	0,53	11,61	2,35
				Omamuotoinen sulkeuma, hieman syöpynyt reunolta																							
	7/ 329	Sulkeuma 8/2		Reunasta	cuproiridsiitti	-	-	0,08	-	1,20	0,73	4,06	0,07	0,93	-	-	108,73	-	-	1,61	-	42,65	26,15	23,99	0,71	10,86	2,76
Vehviläinen 34	7/ 260	Sulkeuma 7/1		Rakeen reunassa oleva mineraali	cuproiridsiitti	-	-	0,16	-	1,38	0,44	3,99	0,07	0,96	-	-	98,58	-	-	2,92	-	46,71	15,17	22,43	0,67	10,68	-
				Pieni kehä pääsulkeuman/reunami neraalin ja päämineraalin välissä																							
	7/ 272	Sulkeuma 7/2		Sulkeuman ulkokehä	cuproiridsiitti	-	-	0,17	-	1,37	0,51	3,95	0,08	0,92	-	-	100,78	-	-	3,04	-	46,55	17,65	22,41	0,77	10,37	-
	7/ 272	Sulkeuma /reuna 7/4		Sulkeuman ulkokehä	cuproiridsiitti	-	-	0,17	-	1,37	0,51	3,95	0,08	0,92	-	-	100,78	-	-	3,04	-	46,55	17,65	22,41	0,77	10,37	-
	7/ 273	Sulkeuma /reuna 7/5		Sulkeuman ulkokehä	cuproiridsiitti	-	-	0,19	-	1,30	0,59	3,86	0,09	0,97	-	-	98,93	-	-	3,40	-	43,00	19,76	21,32	0,88	10,58	-
Merel 3	7/ 274	Sulkeuma /reuna 7/6		Sulkeuman ulkokehä	cuproiridsiitti	-	-	0,14	-	1,38	0,58	3,86	0,10	0,93	-	-	100,73	-	-	2,43	-	45,81	19,75	21,45	1,01	10,28	-
	7/ 275	Sulkeuma /reuna 7/7		Sulkeuman ulkokehä	cuproiridsiitti	-	-	0,18	-	1,40	0,44	3,89	0,08	1,01	-	-	102,98	-	-	3,37	-	48,83	15,54	22,73	0,86	11,66	-
				Pitkulainen, homogeeninen sulkeuma, suuntautunut																							
	6/ 74	Sulkeuma 16/1		Keskeltä	Cuproiridsiitti	-	-	-	-	1,32	0,59	4,04	-	1,05	-	-	100,22	-	-	-	-	44,98	20,40	23,00	-	11,84	-
	6/ 75	Sulkeuma 17		Pitkulainen, homogeeninen sulkeuma, suuntautunut	Keskeltä	Cuproiridsiitti	-	-	-	-	1,31	0,61	4,07	-	1,01	-	-	96,96	-	-	-	-	43,28	20,25	22,37	-	11,06
Merel 12	6/ 81	Sulkeuma 14		Pitkulainen sulkeuma, homogeeninen, suuntautunut				-	-	1,25	0,66	4,02	-	1,07	-	-	106,02	-	-	-	-	45,04	24,12	24,17	-	12,70	-
	6/ 5	Sulkeuma 1		Pisara	Cuproiridsiitti	-	-	-	-	1,16	0,76	4,03	0,06	0,99	-	-	99,25	-	-	-	-	39,21	25,82	22,66	0,60	10,97	-
Merel 20			Pisaramallinen sulkeuma, yhdessä lauritiin ja irarsiitin kanssa	Keskeltä	Cuproiridsiitti	-	-	0,07	-	1,24	0,57	3,87	-	0,97	-	-	100,66	-	-	1,38	-	43,81	20,54	22,82	-	11,31	0,80

L) Rodarseniitti

Rhodarseniitti		Ionisuhteet laskettu 3:n ionin perusteella										Alkuainepitoisuudet %				
Nimi	Spectrum	Päämineraalimillainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	As	Total	Pd	Ru	Rh	As	Zr		
Marijakangas 84	5/ 215	Sulkeuma 9/1	Pitkulainen sulkeuma, suuntautunut, samassa rakeessa esiintyy myös Ruteniumia	Tummempi ja vaaleampi osa, analyysi tummemmasta	Rhodarseniitti	0,42 -	1,61	0,97	102,05	16,06	-	59,79	26,21	-		
Vehvi 57	7/ 215	Sulkeuma 10	Vyöhykkeellinen sulkeuma, Rhodarseniitti on sulkeuman keskellä ja rutenium ympäröi, useita pienempiä rhodarseniitti sulkeumia samassa rutenium sulkeumassa	Rhodarseniitti	Rhodarseniitti	0,48	0,07	1,33	1,05	100,76	18,50	2,38	49,15	28,18	2,55	

[Pd-Pt]-Cu		Ionsuhteet laskettu 4:n, 1:n ja 2:n ionin perusteella											Alkuainepitoisuudet %											
Nimi	Spectrum	Päämineraali /sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Sb	
Kaarroajan risteys 1	2/ 142		Rae täynnä vaaleita vyöhykkeellisiä laikkuja.		(PpPd)2Cu	0,36	-	-	-	-	2,33	0,06	1,25	111,39	7,42	-	-	-	-	-	87,91	0,68	15,39	-
	2/ 153				(PpPd)2Cu	0,10	-	-	-	-	0,59	-	0,31	102,88	7,61	-	-	-	-	-	81,49	-	13,77	-
				Tumma kohta (vaikuttaa samalta kuin tumma kehä)																				
	2/ 173	sulkeuma 4/1		Tumma kohta (vaikuttaa samalta kuin tumma kehä)	(PpPd)2Cu	0,63	-	-	-	-	1,45	-	0,84	96,68	15,62	-	-	-	-	-	66,39	-	12,56	2,11
	2/ 174	sulkeuma 4/2		Tumma kohta (vaikuttaa samalta kuin tumma kehä)																				
	2/ 176	sulkeuma 5/2		Ympäröivä tumma kehä	(PpPd)2Cu	0,15	-	-	-	-	0,58	0,08	0,17	94,99	10,40	-	-	-	-	-	73,39	2,78	7,11	1,31
	2/ 151																							
	2/ 157				(PtPt)3(Fe)	0,21	-	-	-	-	2,75	0,61	0,44	99,37	3,53	-	-	-	-	-	85,93	5,43	4,47	-
	2/ 164				(PtPt)3(Fe)	0,22	-	-	-	-	2,76	0,61	0,41	100,91	3,76	-	-	-	-	-	87,34	5,55	4,25	-
EPMA analysit				Harmaan laikun ja sitä ympäröivän tumman kehän raja																				
	2/ 168	sulkeuma 2/1	Kupari rikas isoferroplatina		(PtPt)3(Fe)	0,20	-	-	-	-	2,73	0,63	0,44	101,84	3,43	-	-	-	-	-	87,99	5,84	4,58	-
	2/ 169	sulkeuma 2/2	Kupari rikas isoferroplatina	Tumma kehä	Cu)1	0,19	-	-	-	-	2,77	0,61	0,43	99,27	3,22	-	-	-	-	-	86,30	5,44	4,32	-
					(PtPt)3(Fe)																			
	2/ 175	sulkeuma 5/1	Kupari rikas isoferroplatina	Harmaa laikku	Cu)1	0,05	-	-	-	-	0,69	0,16	0,10	98,84	3,19	-	-	-	-	-	85,87	5,54	4,23	-
	2/ 152				Fe-cu-pd-pt	0,15	-	-	-	-	2,07	0,47	0,30	117,63	4,15	-	-	-	-	-	102,02	6,60	4,86	-
	Kaarrojaristeys 1	1		Suotautumia ympäröivä massa	Cu-isoferroi	0,42	-	.	-	-	2,55	-	1,03	-	7,31					-	81,94	-	10,75	
	2		Tumma laikku joka ympäröi vaaleata laikku	nimeämätö	0,40	-	.	-	-	2,35	-	1,25	-	7,37					-	78,97	-	13,66		
	3		Vaalea laikku	nimeämätö	0,13	-	.	.	.	-	1,79	0,39	0,24		3,40				-	87,40	5,39	3,81		

Pd-Pt		Ionisulhteet laskettu 1:n ja 2:n ionin perusteella										Alkuainepitoisuudet %									
Nimi	Spectrum	Päämineraali/ Sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Au	Na	O							
Miessiolilla 12	4/ 137	Päämineraali			pdpt	0,17	-	-	-	0,83	-	103,78	10,27	-	-	-	93,51	-	-		
	4/ 141	Sulkeuma 3	Vierasmuotoinen,	Vaalea läiskä mineraalin keskustassa	PdPt	0,17	-	-	-	0,83	-	100,28	9,85	-	-	-	90,43	-	-		
	4/ 142	Sulkeuma 4	Vierasmuotoinen	Tummempi läiskä rakeen rajan lähellä	PdPt	0,19	-	-	-	0,81	-	97,75	11,19	-	-	-	86,56	-	-		
	4/ 143	Sulkeuma 5	Vierasmuotoinen	Vyöhyke rakeen sisällä	PdPt	0,30	-	-	-	0,70	-	91,63	17,12	-	-	-	74,52	-	-		
	4/ 144	Sulkeuma 6	Vierasmuotoinen	Vyöhykkeen sisällä vaalea läiskä	PdPt	0,16	-	-	-	0,79	-	98,93	9,40	-	-	-	84,76	4,78	-		
	4/ 145	Sulkeuma 7	Vierasmuotoinen	Vyöhykkeen sisällä tumma läiskä	Pd-Pt	0,21	-	-	-	0,79	-	94,45	12,25	-	-	-	82,20	-	-		
	4/ 149	Sulkeuma 10/1	Vierasmuotoinen	vaalea sisus	Pd-Pt-Au	0,29	-	-	-	1,63	-	103,89	8,68	-	-	-	90,48	4,73	-		
	4/ 154	Sulkeuma 13	Tumma vierasmuotoinen		Pd-Pt	0,17	-	-	-	0,77	-	109,51	10,78	-	-	-	87,91	-	0,87		
	4/ 156	Sulkeuma 15	Omamuotoinen		Pd-Pt	0,20	-	-	-	0,85	-	104,62	10,86	-	-	-	84,78	-	0,54		
	4/ 140	Sulkeuma 2	Vierasmuotoinen	Tummempi läiskä rakeen keskellä, Päämineraali?	pd-pt	0,50	-	-	-	1,20	-	107,03	19,56	-	-	-	85,74	-	1,73		
4/ 139	Sulkeuma 1	Vierasmuotoinen	Vaikuttaa suotaumalle, rakeen rajan tuntumassa	Pt-Pd-Au	0,14	-	-	-	0,53	-	106,69	10,74	-	-	-	71,78	22,28	-			
4/ 146	Sulkeuma 8	Puoliksi omamuotoinen	Vaalea läiskä jota ympäröi tummempi vyöhyke	Pt-Pd	0,29	-	-	-	1,35	-	101,15	10,49	-	-	-	88,69	-	1,96			
4/ 147	Sulkeuma 9/1 (vyöhyke)	Vierasmuotoinen	Ympäröi Sulkeumaa 8, tumman värinen	Pt-Pd-Au	0,27	-	-	-	0,68	-	103,39	17,31	-	-	-	79,87	6,21	-			
4/ 150	Sulkeuma 10/2		Vyöhyke ympäröi sulkeumaa 9/1	Pt-Pd	0,16	-	-	-	0,65	-	109,57	12,39	-	-	-	94,89	-	2,30			
4/ 148	Sulkeuma 9/1 (vyöhyke)		Ympäröi Sulkeumaa 8, tumman värinen	Pt-Pd-Au	0,29	-	-	-	0,67	-	102,98	18,83	-	-	-	79,48	4,67	-			

O) Au-Cu-Pd

Au-Cu-Pd		Ionisuhteet laskettu 4:n ionin perusteella										Alkuainepitoisuudet %										
Nimi	Spectrum	Päämineraali/sulkeuma	Millainen	Mistä	Mineraali	Pd	Ru	Rh	OsIr	Pt	Fe	Cu	Au	Total	Pd	Ru	Rh	OsIr	Pt	Cu	Au	
Merel 1																						
	6/ 118	Päämineraali		Suuntautuneita hongshiitti sulkeumia rakeessa	Vaaleampi kohta	Au-Cu-Pd-pt	0,35	-	-	-	0,16	-	0,59	2,90	102,98	5,74	-	-	-	4,68	5,66	86,90
	6/ 115	Päämineraali			Vaalea kohta	Au-Cu-Pd-pt	0,39	-	-	-	-	-	0,47	3,14	101,35	6,11	-	-	-	-	4,38	90,86
	6/ 123	Päämineraali		Ionisuhteissa Pt korvaa kultaa ja kupari palladiumia	Vaaleahko alue	Au-Cu-Pd-pt	0,30	-	-	-	0,49	-	0,75	2,46	104,89	5,04	-	-	-	15,24	7,63	76,98
6/ 112	Päämineraali				Au-Cu-Pd	0,27	-	-	-	-	-	0,67	3,06	100,58	4,25	-	-	-	-	6,38	89,95	
Au-Pd-Cu		Ionisuhteet laskettu 3:n ionin perusteella										Alkuainepitoisuudet %										
Nimi	Spectrum	Päämineraali/sulkeuma	Millainen	Mineraali	Pd	Cu	Au	Total					Total									
Merel 1	6/ 124	Päämineraali	vaaleahko alue	Au-Pd-Cu	0,07	0,04	0,89	100,18					100,18					4,00	1,29	94,89		
Luh 1	6/ 223	Päämineraali		Cu-Pd-Au	0,36	0,30	2,34	121,94					121,94					8,92	4,52	108,50		

P) Sulfidit

Cubaniitti						Ionisuhteet laskettu 6:n ionin perusteella						Alkuainepitoisuudet %					
Nimi	Spectrum	päämineraali /sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	S	Fe	Cu	Total	S	Fe	Cu	Ni	O	Nb	La	
Merel 2	6/ 225	sulkeuma 1	omamuotoinen	Orientoitunut isossa kaavassa	cubanite	2,89	1,90	1,22	99,35	33,33	38,20	27,82	-	-	-	-	
	6/ 226	sulkeuma 2		orientoitunut isossa kaavassa	cubanite	2,90	1,88	1,18	107,08	36,01	40,74	29,12	-	-	1,21	-	
	6/ 273	sulkeuma 8/4	vierasmuotoinen		cubaniitti	4,23	2,04	3,07	111,59	33,23	27,95	47,85	-	2,55	-	-	
	6/ 253	sulkeuma 3/8	altreoitumista?	cubaniitti-kupariikiisu-pyriitti	cubaniitti	4,20	2,04	3,11	116,44	34,33	29,06	50,37	-	2,69	-	-	
	6/ 255	sulkeuma 3/9	altreoitumista?	cubaniitti-kupariikiisu-pyriitti	Cubanite	3,15	1,93	0,89	111,64	34,56	36,84	19,32	20,92	-	-	-	
Kupariikiisu						Ionisuhteet laskettu 4:n ionin perusteella						Alkuainepitoisuudet %					
Nimi	Spectrum	päämineraali /sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	S	Fe	Cu	Total	S	Fe	Cu	Ni	O	Nb	La	
Merel 2	6/ 269	sulkeuma 7/2	vierasmuotoinen	orientoitunut isossa kaavassa	kupariikiisu	1,78	0,86	1,04	109,25	35,26	29,78	41,08	-	3,13	-	-	
	6/ 272	sulkeuma 8/3	vierasmuotoinen	orientoitunut isossa kaavassa	kupariikiisu	1,95	0,99	1,05	102,49	34,52	30,57	36,77	-	-	-	0,63	
	6/ 242	sulkeuma 3/5	vaaleampi kohta	altreoitumista?	kupariikiisu	1,92	1,00	1,07	98,28	32,33	29,27	35,65	-	-	1,03	-	
Magneetikiisu						Ionisuhteet laskettu 2:n ionin perusteella						Alkuainepitoisuudet %					
Nimi	Spectrum	päämineraali /sulkeuma	Millainen	Millainen	Mineraali	S	Fe	Cu	Total	S	Fe	Cu	Ni	O	Nb	La	
Merel 2	6/ 228	sulkeuma 3/2			Magneetikiisu	1,01	0,88	0,06	96,24	35,18	53,44	4,34	3,28	-	-	-	
	6/ 249	sulkeuma 3/4	altreoitumista?	cubaniitti-kupariikiisu-pyriitti	magneetikiisu	1,00	0,90	0,04	99,34	36,01	56,52	2,84	3,39	-	-	0,57	
	6/ 268	sulkeuma 7/1	vierasmuotoinen	orientoitunut isossa kaavassa	magneetikiisu	1,01	0,92	-	102,43	37,80	59,56	-	3,80	-	1,26	-	

Q) Nimeämätön Pt₂Cu

Nimeämätön		Ionisuhteet laskettu 3:n ionin perusteella												Alkuainepitoisuudet %							
Nimi	Spectrum	Päämineraali/s ulkeuma	Millainen	Mineraali	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Fe	Cu	Total	Pd	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Cu	
Marjakangas 99	5/ 250	päämineraali	Vaaleampi isus	Pt ₂ Cu	-	-	-	-	-	2,07	-	0,93	107,14	-	-	-	-	-	93,47	13,67	
	5/ 252	Päämineraali	Tumma reuna osa	Pt ₂ Cu	-	-	-	-	-	2,043	-	0,957	109,77	-	-	-	-	-	95,23	14,54	
	5/ 262	Päämineraali	Tummassa osassa sulkeuma , hieman vaalea	Pt ₂ Cu	-	-	-	-	-	2,004	-	0,996	98,1	-	-	-	-	-	84,43	13,66	
	5/ 264	Päämineraali	Reunasta	Pt ₂ Cu	-	-	-	-	-	2,033	-	0,967	97,47	-	-	-	-	-	84,4	13,07	

R) Silikaatit ja oksidit

Nimi	Spectrum	Päämineraali/ sulkeuma	Milläinen	Mistä	Mineraali	Total	Si	Ti	Al	Na	Ca	Mg	O	K	Cl	Ce	Fe	Sr	P	La	Mn	S	Cu	Au	Pb	V	W	Cr	Zn	Y	Ir	Pt	In	Ba	C	Zr			
Vuijemi 6	1/30	sulkeuma 7/3	vyöhykkeellinen josta vaalean keskus vähemmän rapautunut	ulokkuori	rutilii/ anataasi	80,17	1,72	47,32	3,35-	-	-	-	14,99-	-	-	2,48-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1/38	sulkeuma/reuna 11/3	rapautunut		rutilii/ anataasi	75,44	0,59	48,25	2,57-	-	0,52-	-	18,9-	-	-	2,7-	0,92-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,98-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Miessollila 10	3/69	sulkeuma/kraakki 8	reunan lähellä		rutilii/ anataasi	96,8	0,26	54,42	1,26-	-	-	-	35,12-	-	-	2,16-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3/104	sulkeuma 5/1	tumma mineraali sulkeuman reunan lähellä		rutilii/ anataasi	104,99-	-	62,87-	-	-	-	-	40,54-	-	-	1,59-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raahenpirtti2	3/106	sulkeuma 5/2	mineraali sulkeumassa lähellä sulkeuman reuna		rutilii/ anataasi	105,48-	-	60,27	0,51-	-	-	-	44,09-	-	-	0,61-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3/108	sulkeuma 7	droplet		rutilii/ anataasi	99,73	2,04	44,82	0,5-	-	-	-	34,32-	-	-	17,12-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,94	
Marjakangas98	5/35	sulkeuma 5	musta täpliä, rapaamaa?		rutilii/ anataasi	78,53	4,64	27,94	5,3-	-	-	-	36,07-	-	-	2,01-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,57	
	5/199	sulkeuma 14	musta sulkeuma, rapauma		rutilii/ anataasi	53,54	0,73	47,3	0,84-	-	0,2-	-	-	-	-	2,15-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,91-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,41	
Marjakangas98	5/200	sulkeuma 15	krätkissä oleva sulkeuma		rutilii/ anataasi	99,4	0,64	53,6	1,95-	-	-	-	39,27-	-	-	1,56-	0,27-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,07-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,06	
	6/230	sulkeuma 4/2	rapautunut kraakki, orientoitunut		rutilii/ anataasi	90,77	2,64	43,52	2,15-	-	-	-	36,83-	-	-	1,85-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,86-	-	-	-	-	-	-	-	1,34-	-	-	1,58	
Vehviläinen 21	7/302	sulkeuma 1/2 /kraakki			rutilii/ anataasi	95,68	0,7	49,07	1,27-	-	0,34-	-	39,38-	-	-	3,18-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,01-	-	-	0,74-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	7/321	sulkeuma 6	onamuotoinen		rutilii/ anataasi	106,15	1,89	51,19	2,61-	-	-	-	45,9-	-	-	2,94-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,92-	-	-	0,71-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Puskulillainen 1	1/130	sulkeuma 6/3	musta läikää sulkeumassa		kvarts	62,57	51,73-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,33-	
Imurimies vallojoki 6	2/21	sulkeuma 2	musta sulkeuma		kvarts	76,82	51,8-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,32-	
	2/89	sulkeuma 22	musta sulkeuma		kvarts	82,14	43,98-	-	-	-	-	-	0,93-	-	-	3,41-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,81-		
Miessollila	2/133	sulkeuma 3	musta sulkeuma		kvarts	118,88	23,36-	-	4,78-	2,3-	-	-	41,99	0,74-	-	4,22-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,67-	
	3/105	sulkeuma 6	tumma mineraali		kvarts	89,13	39,58	1,59	2,57-	-	-	-	45,03-	-	-	0,36-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Miessollila 5	3/118	sulkeuma 1	tumma vaalea kohta ympäröi		kvarts	85,61	36,6-	-	-	-	-	-	1,52-	-	-	4,67-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,82-		
	3/119	sulkeuma 2	tumma vaalea kohta ympäröi		kvarts	94,42	32,92-	-	-	-	-	-	1,64-	-	-	5,66-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,21-			

